

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À  
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA MAÎTRISE  
EN GESTION DES PME ET DE LEUR ENVIRONNEMENT

PAR  
JULIE ROBITAILLE

L'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE LOGISTIQUE PAR DEA :  
LE CAS DES ÉLEVATEURS DU PORT DE TROIS-RIVIÈRES

MAI 2005

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

## ***SOMMAIRE***

Cette recherche présente l'application d'un outil d'évaluation de la performance dans un contexte de logistique. L'analyse de l'efficience par enveloppe convexe (*data envelopment analysis*, DEA) sert à comparer plusieurs unités décisionnelles entre elles par l'évaluation d'un ensemble de données concernant ces unités, et en tenant compte de plusieurs objectifs à la fois. Le DEA s'est révélé prometteur en ce qui concerne le domaine de la logistique. Il offre un intérêt particulier puisqu'il ne nécessite pas l'établissement difficile des interrelations entre les activités logistiques. La logistique est maintenant perçue et traitée globalement, notamment par la gestion de la chaîne d'approvisionnement (Council of Logistics Management, 1999) et le DEA peut tenir compte de l'évaluation globale d'un système sans nécessairement en morceler ses parties. En ce sens, il est un outil théorique qui offre plusieurs avantages si on le compare aux méthodes traditionnelles de mesure d'efficience comme par exemple la mesure de la prestation des services offerts à la clientèle, la mesure des coûts et la mesure des retours sur investissement.

La réalisation de cette recherche a pour principal objectif de dégager les préceptes du DEA par son application en contexte de PME. Afin d'effectuer l'évaluation de la performance d'un processus logistique, il est proposé d'utiliser un cadre d'analyse global et un modèle spécifique permettant, en plus de mesurer la performance logistique globale, de vérifier la performance individuelle des sous-groupes d'activités logistiques. L'échantillon est constitué de 25 mois d'activités regroupés selon 14 fenêtres incluant 12 mois chacune. Cinq mois se dévoilent être efficients en tout temps pour toutes les fenêtres dont elles font partie. Un mois en particulier (juin 2000) s'est révélée être le mois de référence par excellence, il a obtenu le meilleur rapport entre

les dépenses d'opérations et les quantités transitées par l'entreprise. À notre avis, cette recherche constitue le premier exercice d'évaluation de la performance logistique longitudinale d'une PME québécoise par l'intermédiaire du DEA.

## ***REMERCIEMENTS***

Plusieurs personnes ont accordé de leur temps ou leur support pour m'aider à réaliser ce projet. Quelques lignes ne seront probablement pas suffisantes pour leur exprimer toute ma gratitude. Mais, si je suis arrivée à mes fins, c'est en grande partie grâce à chacun de vous qui, d'une façon ou d'une autre, m'avez encouragée et supportée.

Merci à René Gélinas pour avoir proposé et dirigé la recherche et pour ses encouragements. Merci aux lecteurs, Viviane Gascon et François Bergeron. Un merci tout spécial à Gilles Morin, directeur général des Élévateurs des Trois-Rivières, pour sa collaboration et sa participation à ce projet. Merci à Marguerite Coursange pour la correction du texte et pour ses conseils judicieux. Et finalement, j'aimerais remercier Marc Tessier et mes enfants Maxim et Patricia pour leur support inconditionnel.

Merci.

## ***TABLE DES MATIÈRES***

SOMMAIRE .....	ii
REMERCIEMENTS .....	iv
TABLE DES MATIÈRES .....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES FIGURES .....	viii
INTRODUCTION .....	1
1 PRÉSENTATION DE LA RECHERCHE .....	4
1.1 PROBLÉMATIQUE.....	7
1.2 JUSTIFICATION .....	12
1.3 OBJECTIFS DE LA RECHERCHE.....	15
1.3.1 Cadre conceptuel.....	15
1.3.2 Recherches en logistique et variables de contingence .....	16
1.3.2.1 La stratégie.....	17
1.3.2.2 La structure .....	19
1.3.2.3 La performance .....	20
1.3.2.4 L'intégration .....	21
1.3.2.5 La relation entre la stratégie, la structure et la performance.....	21
1.3.3 Outils d'analyse .....	22
1.3.4 DEA et objectifs.....	24
2 SYNTHÈSE DE LA LITTÉRATURE .....	27
2.1 LA PERFORMANCE LOGISTIQUE.....	27
2.1.1 Historique et définitions de la logistique .....	27
2.1.2 Développement et évolution de la logistique.....	30
2.1.3 PME et performance logistique .....	34
2.1.4 Variables de contingence .....	35
2.1.4.1 Stratégie .....	37
2.1.4.2 Incertitude environnementale.....	37
2.1.4.3 Hétérogénéité .....	38

2.1.4.4	L'importance de la logistique .....	38
2.1.4.5	Les technologies de l'information .....	38
2.2	DEA : MODÈLE GÉNÉRAL ET EXTENSIONS .....	42
2.2.1	Applications .....	43
2.2.2	Généralités .....	50
2.2.3	Modèle de base, CCR .....	53
2.2.3.1	DEA modèle orienté intrant .....	53
2.2.3.2	Projection sur la frontière efficiente .....	60
2.2.4	Extension au modèle de base, le modèle BCC .....	64
2.2.5	Autres modèles.....	66
2.2.6	Rendements d'échelles constants, croissants et décroissants .....	67
2.2.6.1	Rendement d'échelle pour BCC et ADD .....	68
2.2.6.2	Rendement d'échelle pour CCR .....	69
2.2.6.3	Liens entre les modèles .....	70
2.2.6.4	Représentation graphique, rendement d'échelle croissant.....	70
2.3	DEA ET LA LOGISTIQUE .....	71
2.3.1	Synthèse de la littérature, DEA.....	71
2.3.2	Revue de la littérature, DEA et logistique .....	74
2.4	DEA ET AUTRES MÉTHODES .....	81
2.4.1	Autres méthodes d'évaluation.....	82
2.4.2	Avantages et limites du DEA.....	87
3	MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE .....	89
3.1	PRÉSENTATION DU CONTEXTE : LES ÉLÉVATEURS.....	89
3.1.1	L'entreprise .....	89
3.1.2	Le marché.....	91
3.1.3	Les opérations et la gestion logistique .....	92
3.1.4	L'évaluation de la performance .....	98
3.2	CUEILLETTE DES INFORMATIONS.....	98
3.2.1	Étude chronologique .....	99
3.2.2	Les données.....	101

3.3	CADRE D'ANALYSE .....	102
3.3.1	Choix des intrants .....	105
3.3.2	Choix des extrants.....	109
3.4	MODÉLISATION : MODÈLE SPÉCIFIQUE UTILISÉ.....	112
4	ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.....	116
4.1	RÉSULTATS.....	116
4.2	ANALYSE ET INTERPRÉTATION .....	124
5	LIMITES ET CONTRIBUTIONS DE LA RECHERCHE .....	129
5.1	APPORTS ET RETOMBÉES DE LA RECHERCHE.....	129
5.2	LIMITES DE LA RECHERCHE .....	130
5.3	AVENUES DE RECHERCHE FUTURE .....	132
6	CONCLUSION.....	134
7	RÉFÉRENCES .....	136
	ANNEXE A .....	141
	ANNEXE B .....	143
	ANNEXE C .....	144



## ***LISTE DES TABLEAUX***

Tableau 1 : Pourcentage des emplois générés par les PME dans les pays industrialisés.....	12
Tableau 2 : Outils d'analyse et applications .....	23
Tableau 3 : Les caractéristiques de la logistique selon trois périodes du marché.....	33
Tableau 4 : Principaux indicateurs de la performance logistique regroupés par catégories .....	41
Tableau 5 : Exemple avec un intrant et un extrant.....	43
Tableau 6 : Exemple avec deux intrants et un extrant .....	46
Tableau 7 : Exemple avec un intrant et deux extrants .....	47
Tableau 8 : Notation.....	57
Tableau 9 : Projection sur la frontière efficiente pour le modèle CCR-I.....	64
Tableau 10 : Domaines d'activités du DEA et leurs principaux auteurs .....	73
Tableau 11 : Procédure pour étude chronologique .....	100
Tableau 12 : Produits de l'alumine et du grain : quantités reçues et expédiées et coûts des opérations de janvier 1999 à janvier 2001 .....	110
Tableau 13 : Catégories d'extrants .....	111
Tableau 14 : Résultats d'efficience pour l'ensemble des réceptions et des expéditions, tous produits confondus.....	117
Tableau 15 : Tables SOGE pour les périodes 11, 15 et 16 dans la fenêtre 10-21.....	118
Tableau 16 : DMU parfaitement efficientes .....	119
Tableau 17 : Nombre de fois où une DMU est dans le groupe de référence <sup>1</sup> d'une autre DMU	121
Tableau 18 : Lambdas moyens selon le nombre de fenêtres dans lesquelles apparaît une DMU parfaitement efficiente .....	123

## LISTE DE FIGURES

Figure 1. Cadre conceptuel .....	16
Figure 2. Stratégie, structure et performance : cadre conceptuel pour les recherches en logistique .....	18
Figure 3. Stratégie, structure et performance : modèle de base incluant les variables de contingence.....	36
Figure 4. Comparaison entre les succursales .....	45
Figure 5. Comparaison deux intrants et un extrant.....	46
Figure 6. Comparaison un intrant et deux extrants.....	48
Figure 7. Graphiques de comparaison : inefficience technique et mix.....	61
Figure 8. Frontière efficiente CCR et BCC. ....	65
Figure 9. Rendement d'échelle croissant.....	71
Figure 10. Schéma des liens entre les modes de transport et les aires d'entreposage. ....	93
Figure 11 Cadre d'analyse général .....	103
Figure 12 Cadre d'analyse spécifique.....	114

## INTRODUCTION

« Dans une société où, [...] le rythme des bouleversements et des changements s'accélère [...] le management, plus que jamais, doit s'adapter aux dimensions nouvelles d'un monde en mutation [...] » (Thiéart cité dans Tixier, Mathe et Colin, 1998, p.14). L'introduction de différentes philosophies de gestion visant une amélioration de la compétitivité telles : la gestion de la qualité totale (*Total Quality Management*), l'intégration de nouvelles technologies manufacturières (*Computer Integrated Manufacturing*), le juste-à-temps, etc., ont considérablement modifié la culture organisationnelle d'entreprise. À la recherche d'une efficacité toujours croissante, les gestionnaires de ces entreprises ont su reconnaître l'avantage à exercer une gestion globale plus resserrée.

Implicitement, les mutations de l'environnement de l'entreprise se répercutent sur la fonction logistique (Gourgand et Lièvre, 1996). D'autre part, la performance logistique est ciblée comme étant un contributeur majeur de la performance globale des entreprises. Les gestionnaires ont dû ainsi revoir la gestion de l'approvisionnement et des inventaires et ils doivent, encore aujourd'hui, bien encadrer et coordonner les activités qui sont issues de la fonction logistique. La régulation des flux physique et administratif sera un gage d'efficacité (Payrault, 1990). L'excellence logistique est un facteur de différenciation de la performance des entreprises (Tixier et al., 1998, Guilhon et Halley, 1997).

La planification stratégique de l'activité logistique doit conduire l'entreprise à développer son aptitude à s'adapter aux changements intervenant dans son environnement. (Mathe et Tixier, 1987). Cependant, avant d'entreprendre des changements stratégiques pour s'ajuster à la turbulence des marchés, il est nécessaire, pour l'entreprise et ses gestionnaires, de définir les objectifs à atteindre et de vérifier périodiquement dans quelle mesure les objectifs sont atteints. La recherche d'une amélioration de la productivité et l'atteinte d'une meilleure compétitivité incitent les entreprises à s'évaluer pour mieux se connaître et ainsi mieux se positionner par rapport à la concurrence.

Pour ce faire, plusieurs outils d'évaluation existent et encore aujourd'hui, de nouveaux outils se développent. Puisque la gestion d'une entreprise en général et la gestion logistique en particulier sont devenues beaucoup plus complexes, il devient plus difficile de comprendre une entreprise dans son ensemble et de bien contrôler ses activités. La recherche de l'excellence exige l'utilisation d'outils appropriés afin de bien tenir compte des nombreuses dimensions de l'entreprise et la logistique a une incidence particulière sur la performance. « *Le but de l'évaluation est de créer de la valeur pour la firme et ses clients par le résultat d'une redéfinition des systèmes et des processus logistiques.* » (Bowersox, Daugherty, Dröge, Germain et Rogers, 1992, p.67).

Pour toutes les formes d'organisations, publiques ou privées, à but lucratif ou non, il est intéressant, et même nécessaire, de connaître leur capacité à rendre les résultats attendus. Aussi, il peut être utile de comparer les performances relatives des organisations ayant les mêmes objectifs. Les outils d'évaluation qui permettent la comparaison jouent un rôle important et deviennent nécessaires dans une économie mondiale fortement compétitive.

Cette recherche présente l'application d'un outil d'évaluation de la performance de la logistique globale d'une PME québécoise. L'analyse de l'efficience par enveloppe convexe (*data envelopment analysis*, DEA), sert à comparer plusieurs unités, par exemple plusieurs entreprises, entre elles par l'évaluation d'une série de données recueillies autour de ces unités et en tenant compte de plusieurs objectifs à la fois. Les données soumises aux conditions et traitées selon la méthode proposée, jouent un rôle d'influence au sein du groupe de données étudiées. Les unités, ou ici les entreprises, qui répondront le mieux aux objectifs recherchés seront jugées efficaces et formeront une frontière efficace. Les meilleures unités y sont alors regroupées et peuvent être identifiées comme groupe de référence (benchmark). Pour leur part, les unités jugées inefficaces pourront connaître leur degré d'inefficience et déterminer précisément l'écart qui les sépare de la frontière efficace et des unités qui la définissent. À ce jour et à notre connaissance, aucune étude ne présente le DEA dans un contexte d'analyse logistique globale.

## 1 PRÉSENTATION DE LA RECHERCHE

Le DEA est une technique d'évaluation de l'efficiance relative qui a été présentée pour la première fois il y a 25 ans. L'efficiance est le ratio des extrants produits ou traités par une organisation sur les intrants ou ressources utilisées pour produire les extrants (*output / input*). Depuis la présentation des travaux de Charnes, Cooper et Seiford (1978) et de Charnes, Cooper et Rhodes (1978), plusieurs centaines de publications (livres, thèses, essais, théories, applications, études de cas et comparaisons) ont été publiées concernant le DEA. Ces études bien que relativement récentes ont atteint, dans une courte période de temps, un haut niveau de maturité pour certains domaines d'application comme par exemple pour l'évaluation de centres de soins de la santé. Cependant, les études sur l'évaluation de la logistique et de ses éléments par le DEA ne sont pas nombreuses. L'application spécifique au contexte de la logistique a été ciblée comme étant une avenue intéressante par plusieurs chercheurs tels; Van der Meulen et Spijkerman (1985), Kleinsorge et al. (1989) et Clarke et Gourdin (1991). Le DEA, offrant un fort potentiel pour ce domaine, n'a été que survolé. Plusieurs facettes restent à explorer dont au moins les trois suivantes : l'évaluation des différentes activités logistiques à l'intérieur de la fonction logistique, la comparaison de la fonction logistique de plusieurs entreprises ou encore une comparaison entre plusieurs périodes d'activités logistiques.

La méthodologie de cette recherche est essentiellement une étude de cas. La recherche a pour objectif de présenter une application d'un outil d'évaluation du rendement en

contexte de gestion logistique. Une analyse chronologique par DEA de la performance logistique d'une PME sera présentée sur 25 mois d'activités regroupés en 14 fenêtres, chacune d'elles représentant un horizon temporel de 12 mois d'activités.

La description du cas se fera dans le souci de signifier l'apport du DEA en contexte de logistique et en contexte de PME. Une synthèse de la littérature concernant la performance logistique sera présentée ainsi qu'une revue de la littérature sur l'application du DEA et l'évaluation de la performance logistique. La PME étudiée, Les Élévateurs des Trois-Rivières, sera ensuite présentée. Une description des activités de l'entreprise permettra de définir quelles seront les variables utilisées. Pour permettre une évaluation à la fois partielle et globale des données, un cadre général d'analyse et un cadre spécifique seront utilisés et définis. Les données seront ensuite soumises au modèle de DEA retenu. Les résultats de l'analyse seront décrits et interprétés.

À ce jour, les analyses à l'aide de DEA sont faites de façon ponctuelle selon un modèle général. Nous n'avons pas trouvé de recherche qui évalue le potentiel de l'outil selon une analyse de décomposition du processus logistique. L'approche proposée ici, décompose le processus logistique pour en mesurer la performance sous plusieurs angles et combine les résultats pour obtenir une évaluation globale et chronologique.

L'outil d'analyse des données par enveloppe convexe est une méthode d'évaluation de l'efficacité relative, qui appuie ses bases sur la programmation linéaire. L'intérêt pour le

DEA s'est d'abord manifesté pour établir une étude de comparaison de sous-systèmes dans leur ensemble. Chaque sous-système est évalué selon sa capacité à utiliser des intrants pour produire des extrants. Par exemple, le milieu scolaire a su profiter de cet outil en comparant les institutions entre elles. Le but ultime était d'attribuer une note aux établissements selon des critères prédéfinis. Ensuite, des études ont porté sur des centres de soins de la santé et sur des institutions financières afin d'évaluer, dans le cas de celles-ci, la performance relative de différentes succursales d'une institution financière. (Cooper, Seiford et Tone, 2000)

Le fait de se comparer à son milieu est intéressant en soi puisqu'il s'agit de faire appel à un système de référence adéquat. Cependant, les efforts requis pour conduire une évaluation par comparaison peuvent être importants et les objectifs d'évaluation, difficiles à atteindre. L'utilisation du DEA comporte un avantage majeur. Une analyse exhaustive et indépendante de la relation qui existe entre les sous-systèmes à comparer n'est pas requise. Les objectifs à atteindre par l'utilisation du DEA, permettent d'identifier les critères cibles qui permettront la discrimination entre les éléments à évaluer. L'utilisation de seulement quelques critères sera suffisante pour obtenir des résultats d'évaluation crédibles.

Étant donné la rareté des études portant sur le DEA dans le domaine de la logistique et la rareté des études du DEA en contexte de PME, cette étude se propose d'explorer une application de cet outil dans le contexte d'une PME québécoise, prestataire de services



logistiques. Ainsi, plusieurs mois d'activités seront comparés entre eux selon des variables de coûts des activités et de quantités manipulées. L'objectif étant d'identifier quels sont les meilleurs mois d'opérations, c'est-à-dire, les mois ou l'ensemble des activités obtiendront les meilleurs résultats en regard des coûts et des quantités manipulées. Les mois qui se révèlent être ainsi efficient formeront un groupe de référence. Il sera alors intéressant de vérifier les combinaisons d'activités des « meilleurs » mois et d'identifier « les meilleures pratiques » ayant conduit vers un résultat efficient.

## **1.1 PROBLÉMATIQUE**

La logistique, de par sa complexité, soulève plusieurs questions. Du point de vue d'un dirigeant, ces questions reviennent continuellement et s'expriment différemment. Les interrogations générées par la recherche de performance logistique se divisent selon trois dimensions (Tixier et al., 1998):

- Quel niveau de service doit être obtenu?
- Quel niveau de productivité doit être réalisé?
- Quels sont les objectifs financiers recherchés?

Afin de prendre les bonnes décisions et se démarquer ainsi de leurs compétiteurs, les dirigeants voudront se comparer et donc connaître leur performance logistique. Dans une

perspective d'amélioration continue, ils doivent bien connaître leurs forces et leurs faiblesses. L'information jouera donc un rôle important. Une évaluation de la performance logistique fournira l'information nécessaire à une prise de décision adéquate.

Guillon et Halley (1997) présentent quelques stratégies logistiques pouvant être utilisées par les petites et moyennes entreprises. Selon les auteurs, le besoin de survivre et de croître des PME les force à clairement identifier leur niveau de performance, leur stratégie d'investissement et leur planification stratégique. Depuis les années 1970, les études en gestion posent la question des habiletés des entreprises à demeurer rentables malgré un environnement turbulent, hostile et en constant changement. Les solutions proposées étaient essentiellement concentrées sur le marketing, la gestion des ressources humaines et la production. Les nouvelles technologies étaient alors utilisées pour venir en aide aux changements de structure, de culture et de gestion. Cela a fait objet d'attention et d'investigations en gestion. Mais déjà, les règles déterminées par la compétition changent et nous sommes maintenant témoins du développement de la recherche devant tenir compte des relations collusives entre les firmes, ce qui se traduit par des échanges d'informations et de produits de plus en plus complexes. Ce type de relations est basé sur une poursuite constante d'amélioration de la performance par le contrôle du temps et de l'espace.

Pour les gestionnaires, le défi à relever concerne l'évaluation de la performance logistique alors que les définitions du concept logistique se font si nombreuses et variées. Comment mesurer l'efficacité de la pratique de la logistique selon le secteur d'activité concerné ? Quels seront les critères à évaluer ? Plus précisément, quels sont les critères de choix dans le cadre de la logistique actuelle (les années 1990 à aujourd'hui) ? L'évaluation de la performance logistique est un domaine de recherche intéressant pour les gestionnaires et pour les chercheurs universitaires. Étant donné l'utilité de l'évaluation de la performance logistique, il n'est pas étonnant que le processus logistique ait été revu sous plusieurs angles et, qu'encore aujourd'hui, aucun consensus n'existe quant à savoir ce qui doit être mesuré et comment le mesurer.

Les gestionnaires devront avant tout répondre aux questions d'ordre stratégique. *« Privilégier une dimension logistique plutôt qu'une autre peut engendrer des orientations politiques fort distinctes. »* (Tixier, Mathe et Colin, 1998, p.133). Ensuite, ils seront en mesure de répondre aux questions qui découlent de la stratégie de l'entreprise.

- Quels sont les différents objectifs à considérer pour chaque entreprise ?
- Faut-il utiliser les données perceptuelles, objectives ou les deux ? Et si les deux sont utilisées, dans quelle proportion ?
- Quel est le rôle du flux d'information ? Et quelle en est son importance selon chaque entreprise ?

La mesure de la performance par comparaison demande une analyse particulière pour chaque entreprise et pour chaque contexte. Les critères d'analyse devront tenir compte des objectifs à atteindre, qui varient d'un service à l'autre. Ceci soulève le problème de la comparabilité. Qu'il s'agisse d'objectifs reliés aux profits, à l'augmentation du chiffre d'affaires ou à l'amélioration de la satisfaction de la clientèle, les indicateurs de performance pourront être significatifs pour les uns et de moindre importance pour les autres. Chaque entreprise pourra alors se dévoiler efficace, selon les critères d'évaluation qu'elle aura retenus, mais les degrés de performance ne pourront être mis en parallèle avec ceux d'une autre entreprise.

Les mesures de performance sont d'une très grande utilité pour les gestionnaires et les dirigeants d'entreprise. Les résultats obtenus, en plus de permettre la comparaison, serviront à fixer les objectifs, à orienter les activités et contribueront à fixer la stratégie et les processus opérationnels. Ils se doivent alors d'être des plus précis; il en dépend, dans certain cas, de la survie même de l'entreprise. De là, toute l'importance accordée aux choix des critères à évaluer. Le choix entre les données perceptuelles de l'entreprise ou les données objectives sont à différencier. Les premières font l'objet d'études coûteuses et peuvent être entachées de biais importants (Ghiglione et Matalon, 1985; Evrard et al., 1997). Les deuxièmes demandent à leur tour d'être utilisées avec précaution. Souvent issues de la comptabilité, ces données peuvent être agrégées selon certains principes comptables. Les renseignements obtenus n'ont pas toujours un

caractère d'évidente objectivité (Capron, 1990), que l'on réfère seulement au choix possible des méthodes d'amortissement qui auront une incidence directe sur les profits.

Aussi, le support à l'information occupe une place des plus importantes. Rien ne sert d'établir une politique de gestion logistique si elle n'intègre pas une circulation adéquate de l'information. Il faut connaître et toujours chercher à améliorer le système d'information, dans un souci d'amélioration de la performance logistique.

Étant donné les nombreux questionnements concernant la performance logistique, il est possible d'identifier une première problématique d'ordre général :

« Comment évaluer la performance logistique des PME? »

De façon plus spécifique, cette étude propose une méthode d'évaluation de la performance logistique et en fait une application par le cas d'une PME. Ainsi, il est possible de formuler plus spécifiquement la problématique par ce deuxième énoncé:

« L'évaluation de la performance logistique d'une PME à l'aide du DEA: le cas des Élévateurs du port de Trois-Rivières. »

## 1.2 JUSTIFICATION

Tout comme les grandes, les petites et moyennes entreprises peuvent et doivent implanter des procédures logistiques pour améliorer leur performance. À ce jour, très peu de chercheurs ont considéré le développement de la logistique au sein des petites entreprises. Les recherches à ce sujet ont eu tendance à se baser sur une vision plutôt passive de la petite entreprise en tant que bénéficiaire logistique. Pourtant, la petite entreprise joue un rôle important dans le secteur manufacturier et il serait intéressant de connaître comment elle utilise et perçoit la logistique. Tel que démontré au tableau 1, les petites et moyennes entreprises génèrent plus d'emplois que les grandes entreprises dans la plupart des pays industrialisés. Il est cependant difficile d'appliquer des méthodologies stratégiques qui puissent être vérifiées dans ce secteur puisque les recherches sur les PME démontrent toujours une très grande hétérogénéité

Tableau 1: Pourcentage des emplois générés par les PME dans les pays industrialisés

Pays	Année	Secteur	Nombre d'employés	Pourcentage des emplois
Etats-Unis	1990	Manufacturier	Moins de 500	36.0
Japon	1991	Manufacturier	Moins de 300	72.1
Allemagne	1990	Tous	Moins de 500	62.5
France	1990	Tous	Moins de 500	65.6
Italie	1990	Tous	Moins de 500	83.5
Royaume Uni (UK)	1989	Tous	Moins de 500	63.9
Canada	1992	Manufacturier	Moins de 500	55.7

*Tiré de Guilhaon et Halley, 1997.*

Les auteurs, Guilhaon et Halley (1997), se sont interrogés sur les conditions permettant aux PME de générer des stratégies logistiques ou d'introduire des procédures logistiques et leurs répercussions sur la performance. Ils ont tenté d'établir un modèle des stratégies basé sur les caractéristiques spécifiques aux PME. En conclusion, ils affirment que les objectifs logistiques doivent être inclus dans les objectifs généraux du gestionnaire – dirigeant. En fait, ils ouvrent la porte à la question de l'importance de la logistique dans la petite et moyenne entreprise et, par conséquent, l'importance d'en évaluer la performance. Comme la différence n'est pas toujours explicite entre l'étude de l'entreprise dans son ensemble et l'étude de la logistique en particulier, les dirigeants ont un grand intérêt à évaluer et à connaître leur performance logistique. Cette dernière est partie intégrante et très influente de la performance générale de l'entreprise (Thebault et Tilmont, 2000).

Déjà en 1983, Ballou et Helfrich avaient relevé les points suivants. Puisque le système physique de distribution représente fréquemment de 10 à 30 % des dépenses d'une organisation, le contrôle de ses opérations est important. Très peu d'outils existent pour comparer adéquatement la performance des extrants générés par rapport à la somme des intrants utilisés. La plupart tiennent compte des extrants et des intrants de façon indépendante. Pourtant, la relation entre les deux permet de connaître si les ressources sont adéquatement utilisées et si le niveau de ces ressources est approprié étant donné les extrants générés. Plus d'outils démontrant la relation entre les extrants et les intrants seraient souhaitables et devraient être disponibles.

Le développement de la logistique constitue une source d'inspiration intéressante pour les chercheurs. La logistique étant un sous-système du management soulève le problème de l'optimisation du sous-système logistique au sein du système de gestion global. Or, les éléments du sous-système logistique sont eux-mêmes des sous-systèmes. Pour mieux comprendre les interrelations et les rouages du fonctionnement de chacun, une approche par analyse systémique est privilégiée. Sachant que la performance globale d'un système dépend de l'équilibre réalisé entre ses différents composants, et pas nécessairement de la performance optimale de chacun d'entre eux, il est nécessaire d'approfondir la réflexion sur la chaîne des objectifs des éléments intermédiaires et sur l'interaction entre ces éléments. (Tixier et al., 1998). Il faut alors élargir le concept de logistique d'entreprise, qui fait référence au découpage des activités de l'entreprise en fonctions, au concept de logistique intégré, qui fait référence à la gestion de la chaîne logistique ou de chaîne d'approvisionnement (*Supply Chain Management*).

Dans ce contexte, la mesure et l'évaluation de l'efficacité opérationnelle requièrent des techniques analytiques qui procureront des informations complémentaires aux informations provenant, par exemple, de l'analyse des ratios comptables (Sherman & Gold, 1984). Pour ce faire, les techniques analytiques devront tenir compte des interrelations des sous-systèmes et de leur équilibre. Le DEA, qui détermine un ensemble de ratios des extrants sur les intrants, a été ciblé par plusieurs auteurs (voir section 2.3) comme une technique analytique pouvant répondre au besoin d'évaluation



de la performance logistique partielle et globale dans un contexte de gestion logistique intégrée.

### **1.3 OBJECTIFS DE LA RECHERCHE**

#### **1.3.1 Cadre conceptuel**

Tout comme les gestionnaires d'entreprise, les responsables de la logistique tentent d'innover et de trouver de nouvelles méthodes d'analyse et d'évaluation de la performance. Pour ce faire, les responsables de la logistique, par l'intermédiaire des études sur les organisations, recherchent et adaptent certains outils à leur propre domaine d'application. Que ces outils soient élaborés pour les domaines de la finance ou du marketing, par les ingénieurs, les comptables ou autres, les objectifs d'évaluation sont très près de ceux de la logistique. Ainsi, le cadre conceptuel (Figure 1) propose, à l'aide d'une revue de la littérature, de présenter les concepts de logistique et de chaîne d'approvisionnement et ensuite de comparer différentes méthodes d'évaluation de la performance des entreprises afin de bien positionner le DEA. L'objectif ultime étant de démontrer une application du DEA. La performance, et surtout son évaluation, demeurent une des préoccupations de première importance.

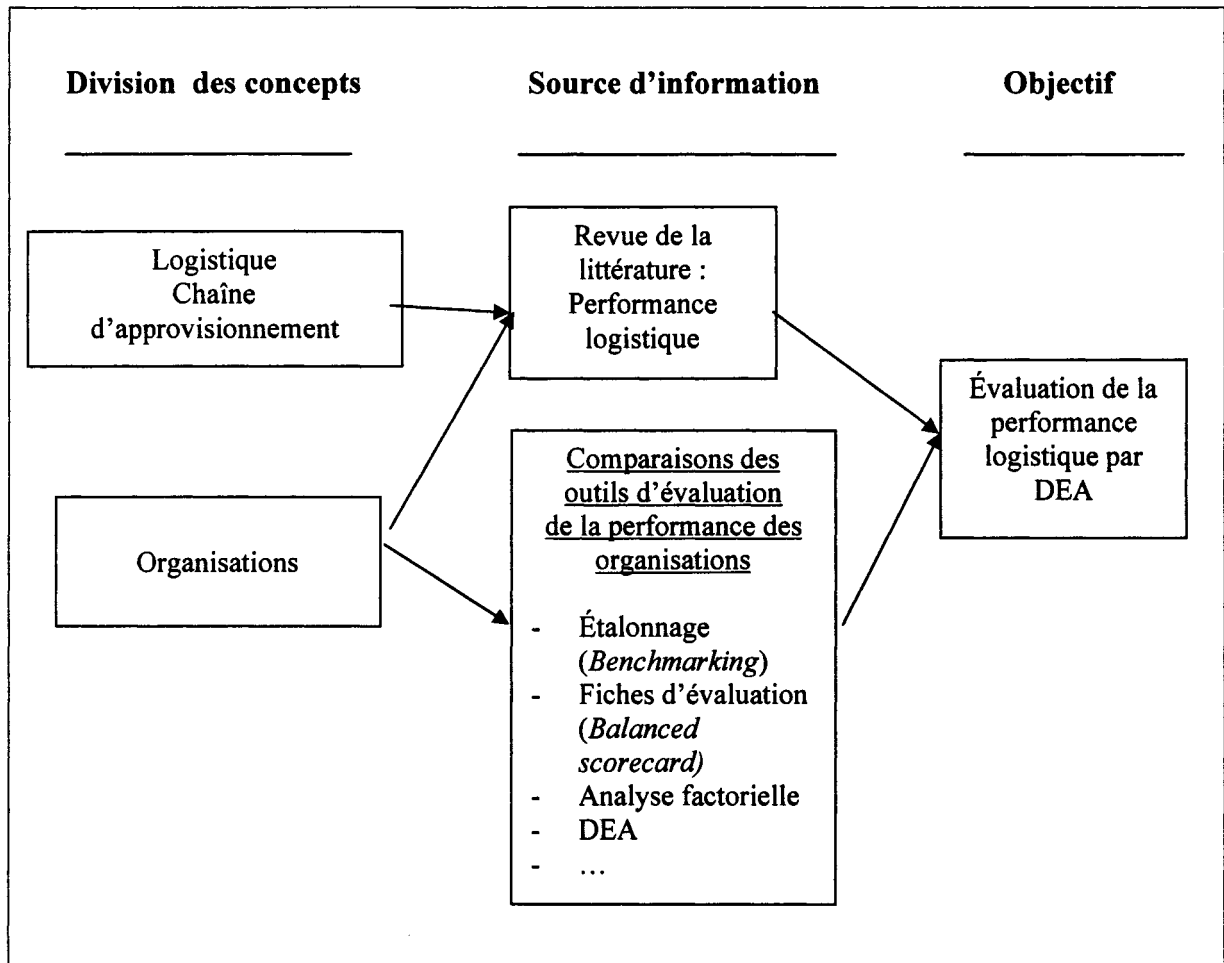


Figure 1. Cadre conceptuel

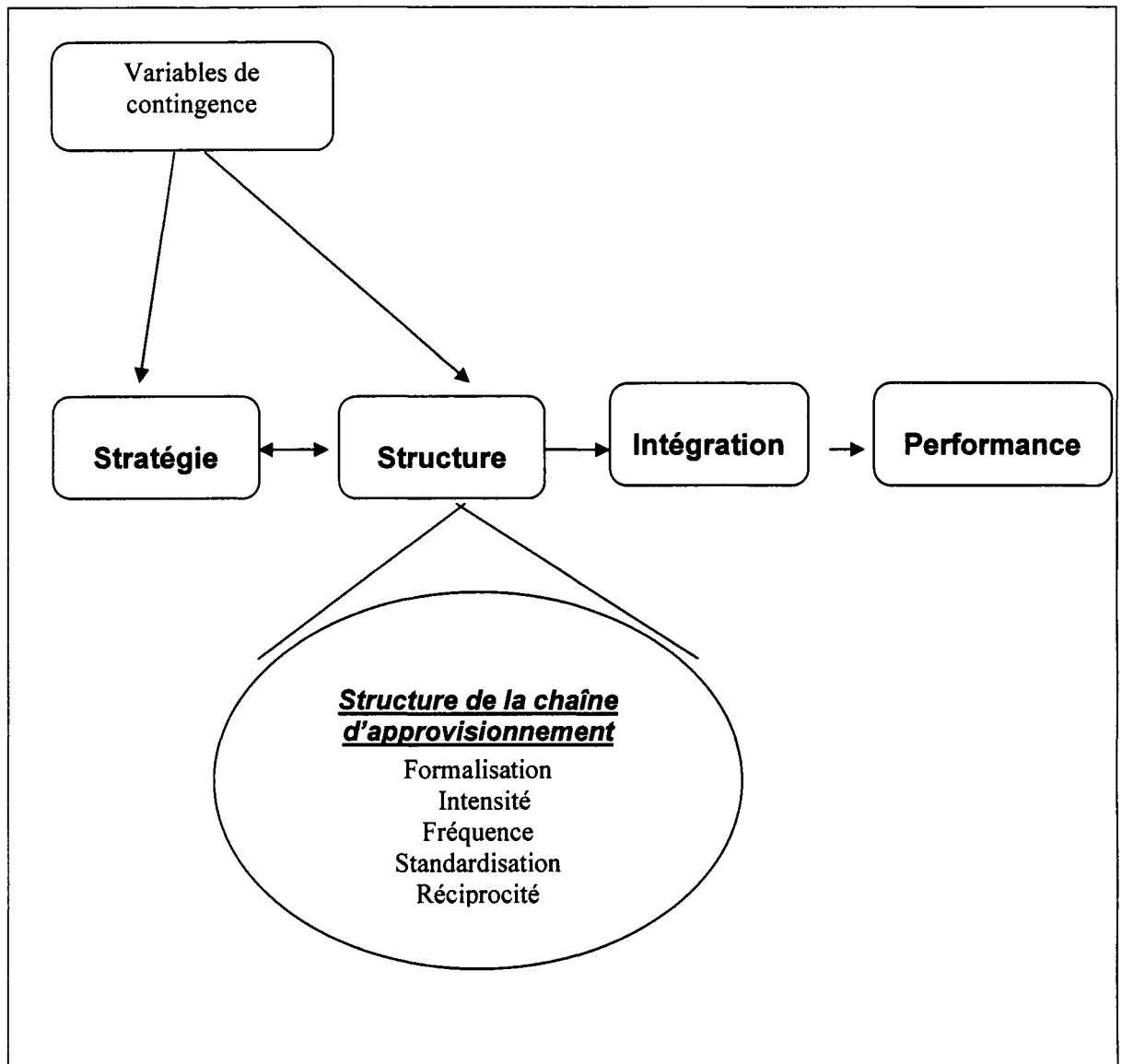
### 1.3.2 Recherches en logistique et variables de contingence

Les études sur la gestion de la chaîne d'approvisionnement conduites par Chow, Heaver et Henriksson (1994) ont permis de définir et de décrire une structure basée sur cinq concepts; la formalisation, l'intensité, la fréquence, la standardisation et la réciprocité. Cette structure de la gestion de la chaîne d'approvisionnement fait appel à l'intégration d'une stratégie logistique dans une entreprise, c'est-à-dire qu'il faut tenir compte des objectifs à atteindre qui, eux-mêmes, seront définis par la stratégie à intégrer afin de

permettre l'évaluation de la performance. Ainsi, les auteurs proposent un cadre conceptuel avec quatre variables de contingences ; la stratégie, la structure et ses cinq concepts, l'intégration et la performance.

#### 1.3.2.1 La stratégie

La stratégie fait référence au modèle de gestion et d'opérations utilisé pour atteindre les objectifs voulus et orientés par la mission d'entreprise. Une des typologies de stratégie les plus populaires a été présentée par Michael Porter (tiré de Chow et al., 1995). Il proposait les trois stratégies génériques suivantes : une stratégie de coût, une stratégie de différenciation et une stratégie de « focus » orientée client et produit à la fois. De même, Bowersox et al., (1992) proposaient une typologie en trois catégories; la stratégie de production, la stratégie de marketing ou la stratégie d'information.



*Figure 2.* Stratégie, structure et performance : cadre conceptuel pour les recherches en logistique

Tiré de Chow, G.; D.H.Heaver; L.E.Henrikson (1995).

### 1.3.2.2 La structure

La structure choisie fait référence à la chaîne d'approvisionnement (SCM). Cette structure intègre les composantes suivantes : la formalisation du SCM, c'est-à-dire le degré selon lequel les transactions sont gouvernées par des normes explicites entre les entreprises; l'intensité du SCM ou le niveau d'investissement des ressources dans les relations avec les autres organisations; la fréquence du SCM exprimée par la quantité de transactions entre les organisations; la standardisation du SCM ou le degré de similitude dans les ressources et les procédures et finalement la réciprocité du SCM ou le degré de symétrie dans les relations entre les organisations.

Les chercheurs affirment qu'il y a plusieurs dimensions intéressantes concernant la structure organisationnelle, notamment le concept de centralisation, de formalisation, de l'étendue du contrôle et de l'intégration logistique et de sa portée. Ces concepts furent approfondis plus spécifiquement dans la recherche sur la structure de l'organisation que dans la recherche en logistique (annexe A). Cependant, les recherches sur l'organisation associées à la gestion de la chaîne d'approvisionnement (Supply chain management, SCM) ont reçu leur première attention par les chercheurs en logistique au début des années 1990 (Davis, 1993 ; Lee & Billington, 1993 tiré de Chow, Heaver et Henrikson, 1995). Les études tentaient de découvrir si les firmes ayant intégré une structure de chaîne d'approvisionnement obtenaient une meilleure performance que les firmes qui ne l'avaient pas intégrée. Dès lors, les concepts appartenant à la gestion de l'organisation

devinrent incomplets pour l'élaboration de prémisses sur les interfaces entre les entreprises qui participaient à la chaîne d'approvisionnement. Les modèles conceptuels, élaborés par différents chercheurs, varient d'une étude à l'autre. Cependant, une structure avec cinq dimensions; la formalisation, l'intensité, la fréquence, la standardisation et la réciprocité (Figure 2), semble suffire pour saisir les points d'intérêt en logistique. Il est à noter que ces cinq dimensions remplacent les quatre proposées par les recherches sur l'organisation soit la centralisation, l'étendue du contrôle, les champs d'activités et la formalisation (voir Annexe A).

#### 1.3.2.3 La performance

La performance est multidimensionnelle. Elle est à l'image des organisations et des intérêts des différents gestionnaires. La satisfaction des clients, la pérennité de l'entreprise ou la responsabilité environnementale sont autant de facteurs pour lesquels nous voulons connaître la performance. La performance a été le sujet de recherche de plusieurs chercheurs (voir section 2.1). Par contre, elle n'a été traitée que très légèrement en tenant compte des liens proposés par le SCM. Un exemple de recherche est la comparaison entre le temps total du cycle de production d'un produit ajouté au temps de livraison chez le client et le temps attendu par le client entre le moment de la commande et la livraison.

#### 1.3.2.4 L'intégration

Dans la littérature, la définition de l'intégration comme étant un phénomène ou un résultat qui émerge de la structure (organisationnelle) est presque inexistante. Chow et al, (1995) recommandent tout de même de dissocier le concept de l'intégration et le considéré comme une variable intermédiaire résultante de la structure. L'intégration est un résultat qui peut être, dans un esprit de collaboration, associé à d'autres activités logistiques ou associé à une autre fonction de l'entreprise tel le marketing. En résumé, l'intégration est le degré auquel adhèrent les activités logistiques dans une organisation et qui, dans un esprit de SCM, est coordonnée avec les autres activités de la firme.

#### 1.3.2.5 La relation entre la stratégie, la structure et la performance

Il semble normal de dire qu'une stratégie de centralisation est adéquate pour un objectif de minimisation des coûts. En réalité, la relation entre la stratégie et la performance souhaitée ne se simplifie pas ainsi. Plusieurs autres dimensions doivent être considérées. Les variables de contingence à utiliser pour définir la relation entre la stratégie, la structure et la performance seront élaborées à la section 2.1.4 pour amorcer une discussion sur la définition de la performance logistique. Il est à noter que les relations entre stratégie, structure et performance ajoutées aux relations inter-organisationnelles du SCM deviennent rapidement complexes. Étant donné cette complexité et les multiples possibilités relationnelles, l'évaluation de la performance devient difficile à

effectuer. Ainsi, plusieurs outils peuvent être utiles et pourront répondre à différents besoins.

### **1.3.3 Outils d'analyse**

Les auteurs Copacino et Rosenfield (1985) ont conduit une étude sur les outils analytiques servant à évaluer la planification stratégique d'une organisation. Pour évaluer la performance générale et logistique, les auteurs proposent une division en cinq catégories selon la répartition suivante : outils d'analyse des coûts logistiques, les modèles d'aide à la décision, les outils traditionnels de gestion des opérations, les grilles d'analyse et les graphiques d'analyse des coûts et services. Les auteurs ont voulu éviter la lourde tâche de définir la stratégie de planification logistique. Mais ils reconnaissent l'importance d'une bonne compréhension de la stratégie et son lien direct avec la performance, par conséquent, son évaluation. Leurs efforts sont concentrés sur la description de chacune des catégories d'outils d'analyse. Ils ont ajouté quelques exemples d'outils et décrit l'importance spécifique de chaque catégorie. Le tableau 2 présente un sommaire des champs d'application par catégorie.



Tableau 2 : Outils d'analyse et applications

Outils analytiques	Levier logistique	Évaluation des impacts	Soutien à la planification
Analyse des coûts logistiques			X
Modèle d'aide à la décision		X	X
Outils traditionnels de gestion des opérations	X	X	
Grille d'analyse	X		
Graphique d'analyse des coûts-services	X		

Tiré de Copacino et Rosenfield, 1985

Les catégories d'outils d'analyse servant de levier logistique permettent de diriger les objectifs logistiques selon la stratégie de l'entreprise. Ces outils permettent de comparer l'entreprise ou la fonction logistique avec son milieu. Ils permettent également la prévision de la demande ou la projection des coûts selon divers scénarios.

Les modèles d'aide à la décision et les outils traditionnels de gestion des opérations peuvent servir à évaluer l'impact des plans proposés avant même que les gestionnaires ne statuent sur le choix final. L'analyse des coûts logistiques et les modèles d'aide à la décision serviront de support à la planification en déterminant les meilleures pratiques pour respecter les plans stratégiques.

Ces outils analytiques répondent surtout à des besoins d'évaluation partielle de la performance. Il est possible de croire que les outils qui permettent de répondre à plusieurs besoins à la fois et qui servent plusieurs applications pourraient, hypothétiquement, répondre au besoin d'évaluation globale.

#### **1.3.4 DEA et objectifs**

Kleinsorge, Schary et Tanner (1989) ont identifié plusieurs domaines d'application au DEA. Il peut être utilisé comme un outil d'évaluation des impacts d'une décision stratégique lorsque l'on fait varier les intrants et les extrants faisant partie du modèle. Utilisé de façon périodique, avec les mêmes intrants et extrants, le DEA peut mesurer les changements dans la contribution marginale. Changer une variable du modèle peut permettre d'utiliser le DEA comme un outil d'aide à la décision. L'objectif du DEA est de permettre le contrôle et la compréhension des variables critiques qui déterminent l'efficacité d'un système logistique dans son ensemble. Les auteurs affirment que le DEA vient compléter les méthodes traditionnelles d'évaluation des coûts en effectuant la comparaison de plusieurs options. Le succès de cet outil dépend principalement de la sélection des variables qui devront être représentatives du système, de sa structure et de sa stratégie. En considérant ces derniers, il est possible d'identifier clairement le principal objectif de recherche.

### **Premier objectif**

- Effectuer une évaluation partielle et globale d'une chaîne d'approvisionnement (stratégie logistique) d'une PME

Cet objectif demande une compréhension profonde des préceptes, des règles d'application du DEA, se qui sera élaboré à la section 2.2.

### **Sous-objectif**

- Dégager les préceptes du DEA

D'autres outils tels l'étalonnage (*benchmarking*), les fiches d'évaluation (*balanced scorecard*), l'analyse factorielle ou autres, ayant déjà été utilisés pour évaluer la performance générale des entreprises, ont été empruntés et appliqués à l'évaluation de la performance logistique des entreprises. Ainsi, les outils servaient à évaluer la performance logistique d'une entreprise par rapport à la performance logistique de ses concurrents ou à évaluer la performance logistique de l'entreprise dans son ensemble ou encore à évaluer la performance logistique individuelle des éléments de la gestion logistique interne. Pour apporter quelques éléments de réponses au sous-objectif mentionné précédemment, ces outils seront comparés au DEA à la section 2.4.

Pour cette recherche, une attention plus soutenue sera accordée au DEA. Un cadre conceptuel sera présenté à la section 3 et permettra une analyse de la performance partielle et globale de différents mois d'activités d'une PME selon sa chaîne d'approvisionnement pour ensuite identifier ses propres critères de sélection dans l'évaluation de sa performance.

## **2 SYNTHÈSE DE LA LITTÉRATURE**

### **2.1 LA PERFORMANCE LOGISTIQUE**

Moller (1995) explique qu'il est difficile d'établir clairement la portée et le champ d'actions de la logistique et affirme que le concept de la logistique est une problématique en soi. Évoluant dans le temps, plusieurs définitions auront été attribuées à la logistique allant du simple transport jusqu'à une science interdisciplinaire combinant ingénierie, micro-économie et théories des organisations.

#### **2.1.1 Historique et définitions de la logistique**

Les premières évocations du terme logistique, publiées en 1837 et inscrites dans le « Précis de l'Art de la guerre », relèvent du Général A.J. Jomini qui fût le premier à expliciter le rôle de la logistique dans la conduite d'opérations militaires. Selon Jomini, (tiré de Gourgand et Lièvre, 1996), la logistique n'est pas moins que la quatrième des « six parties » de l'Art de la guerre. Les trois premières étant la politique, la stratégie et la grande tactique des batailles et les deux dernières, l'art de l'ingénieur et la tactique de détail. Selon Pons (1996), la logistique, dans un contexte militaire, est tout ce qui est nécessaire physiquement pour permettre l'application sur le terrain des décisions stratégiques et tactiques (transports, stocks, fabrication, achats et manutention).

Plusieurs années après la Seconde guerre mondiale, le terme « logistique » fût emprunté au contexte militaire et appliqué à l'entreprise (Gourgand et Lièvre, 1996). La logistique d'entreprise a ensuite intéressé plusieurs chercheurs et a connu un nombre impressionnant de définitions selon l'époque et les perceptions des différents auteurs. Voici deux exemples, relativement récents, de définition de la logistique en contexte d'entreprise.

- La « logistique », gestion des flux physiques et des flux d'informations dans l'entreprise, est essentiellement un processus (Fabbe-Costes, 1994). Définition du terme « processus » : ensemble de moyens et d'activités liés qui transforment des éléments entrants en éléments sortants.
- La «logistique» est une partie des activités d'une chaîne logistique (*supply chain*). Elle concerne la planification, l'exécution et le contrôle du flux efficient et effectif du stockage de produits, du service de l'information relatif à ces fonctions du point d'origine au point de consommation pour satisfaire les besoins des clients (Council of Logistics Management, 1999).

Cette dernière définition introduit le concept de la chaîne logistique, identifiant clairement les flux physiques et les flux d'informations, et elle intègre également la notion d'efficience (diminution des coûts) et la satisfaction des clients. Elle considère plusieurs éléments pour tenir compte de la complexité de la logistique. En fait, elle

permet d'entrevoir l'émergence d'une logistique beaucoup plus large appelée, dans un premier temps et par plusieurs auteurs, la logistique intégrée et, dans une dimension encore plus étendue, la logistique coopérée.

La logistique intégrée est représentée par trois niveaux d'intégration distincts. Au premier niveau sont rassemblées les activités de coordination de tous les sous-systèmes logistiques notamment la logistique en amont (approvisionnement), la logistique interne (production) et la logistique en aval (distribution). Au deuxième niveau la logistique est intégrée en interface avec les autres fonctions de l'entreprise et sera appelée à participer aux décisions stratégiques de l'entreprise. Par exemple, elle serait impliquée dans le choix de la localisation d'un nouvel entrepôt. Au dernier niveau, la logistique intégrée participe à la coordination inter-entreprises d'amont en aval et assure la gestion de l'ensemble des flux physiques et des flux d'informations. L'interdépendance externe fait appel au concept de la chaîne logistique qui se définit en un réseau d'installations qui assure les fonctions d'approvisionnement en matières premières, leur transport, leur transformation en composants puis en produits finis, la distribution du produit fini chez le client ainsi que le service après vente, le recyclage ou la mise au rebut des produits en fin de vie (Akbari Jokar, Frein et Dupont, 2000).

La logistique coopérée fait référence au degré de coopération entre les entreprises d'une même chaîne logistique. En effet, si une partie de cette chaîne n'assure pas correctement sa fonction, le produit final ne peut être disponible en temps voulu, à la qualité désirée et

au moindre coût. Chaque structure est jugée selon son efficacité finale (Peyrault, 1990). Pour rester compétitif, il faut que toutes les parties d'une chaîne logistique aient une coopération très forte, pouvant aller jusqu'à l'alliance, entre elles. Dans cet environnement, la concurrence n'est pas entre les producteurs, mais entre les chaînes logistiques. (Lee et Billington, 1995)

Afin de poser les bases de ces concepts élargis, il est proposé de présenter le développement et l'évolution du concept logistique depuis la Seconde guerre mondiale.

### **2.1.2 Développement et évolution de la logistique**

Gourgand et Lièvre (1996) divisent le développement de la logistique d'entreprise en quatre phases. La première, appelée « les premiers balbutiements » (années 1950 et 1960), consiste en une phase préparatoire marquée par le développement de la recherche opérationnelle et des premières techniques d'optimisation appliquées à la résolution de problèmes de transport et d'entreposage.

La deuxième, la phase de démarrage, introduit la notion d'efficience où la logistique fut avant tout une recherche d'optimisations opérationnelles partielles et disjointes et de rationalisation des structures de la firme. À cette époque, il est question de logistique productiviste où la caractéristique majeure est la quête de fluidité par la réduction des capacités nécessaires à la circulation des flux.



À la troisième phase, la phase de croissance (années 1980 et 1990), la logistique se préoccupe prioritairement de coordonner les différentes fonctions de l'entreprise qui concourent à la circulation des flux. La recherche de l'efficacité des processus logistiques se fait par la maîtrise des coûts inhérents à toute défaillance logistique. Selon Guilhaon et Halley (1997), c'est à cette époque, en général, qu'émergent les premières recherches en gestion faisant référence à la notion logistique en tant que fonction ou, plus globalement, en tant qu'activité stratégique.

À la quatrième et dernière phase, la phase de la maturité (années 1990 et 2000), la logistique privilégie désormais sa « transversalité », lui permettant de mobiliser toutes les ressources internes de la firme et surtout, les ressources externes (celles de ses partenaires), nécessaires à la mise en œuvre d'une chaîne logistique complexe. Ici, la logistique devient une culture organisationnelle de la complexité.

De leur côté, les auteurs Akbari Jokar, Frein et Dupont (2000) ont proposé de tenir compte de l'évolution du marché pour présenter l'évolution du concept logistique. À partir d'une description de l'évolution du marché en trois périodes (avant 1975, après 1975 et les années 1990), les auteurs ont établi un parallèle par la description des caractéristiques de la logistique (Tableau 3).

Les changements des périodes logistiques, passant de la logistique séparée, à la logistique intégrée puis à la logistique coopérative, correspondent à des ajustements dans la gestion des stocks liés à une complexité croissante de la gestion de l'information. À la période de logistique séparée, chaque service (conception, production, distribution, etc.) de l'entreprise travaillait indépendamment des autres. Le souci principal du producteur était la production. À la période de la logistique intégrée, il y a apparition de nombreuses entreprises pour un même segment de marché, ce qui accroît l'offre et exacerbe la concurrence et la compétition entre elles. La tendance est à la diminution des coûts globaux en diminuant les coûts de stockage. À la période de logistique coopérée, la capacité globale de production est supérieure à la demande et la compétition augmente considérablement. En conséquence, le client devient plus exigeant et adopte des comportements de consommation difficiles à prévoir, ce qui exerce une incertitude sur la demande. Pour rester compétitif, les entreprises doivent trouver de nouveaux marchés, offrir une qualité plus élevée, réduire le coût des produits et diminuer le temps de réponse afin de s'ajuster rapidement aux changements de la demande. Aujourd'hui, pour être compétitive, l'entreprise privilégie l'intérêt de l'ensemble de la chaîne logistique par rapport à l'intérêt individuel des membres de la chaîne. (Akbari et al., 2000).

Tableau 3 : Les caractéristiques de la logistique selon trois périodes du marché

Période	Logistique séparée	Logistique intégrée	Logistique coopérée
Les années	Avant 1975	Après 1975	Les années 90
Priorité de directeur du système logistique	Diminuer le coût logistique	Diminuer le coût logistique	Diminuer le coût logistique et le temps de réponse
Approche de management	Séparée	Intégrée	Coopérée
Nombre de fournisseurs	Grand	Grand	Petit (pour coopération)
Coopération entre les membres de la chaîne logistique	Aucune	Un peu	Beaucoup
Intégration des données des stades logistique	Aucune	Beaucoup	Beaucoup
Durée des relations entre membres de chaîne logistique	Courte	Courte	Longue
Besoin d'un responsable de la chaîne logistique	Non	Non	Oui
Vitesse de flux du produit (de l'approvisionnement jusqu'à la distribution)	Perturbé par les stockages	Rapide en éliminant les stocks	Rapide par la coopération des membres de la chaîne logistique

Tiré de Akbari Jokar, Frein et Dupont, 2000.

### **2.1.3 PME et performance logistique**

L'ensemble des technologies servant à contrôler les flux physiques et les flux d'informations, a été un contributeur majeur pour le développement de la performance logistique dans les grandes organisations, ce qui dans ce contexte, est mieux connu sous le nom d'efficience logistique. Les entreprises deviennent efficaces si, avec leurs partenaires, elles sont en mesure de réduire les coûts applicables aux activités logistiques (approvisionnement, entreposage, production, transport, livraison, etc.) tout en satisfaisant les clients. (Guilhon et Halley, 1997).

La performance ne peut être mesurée avec la même rigueur dans toutes les PME puisque les entrepreneurs ont une perception de l'environnement et un style de gestion très personnels. Ils vont jusqu'à utiliser des stratégies dichotomiques. (Guilhon et Halley, 1997) Les résultats attendus varient d'une organisation à une autre et, en conséquence, les variables d'analyse de la performance varient également.

Les PME formulent leurs propres stratégies d'entreprise. Toutefois, leur gestion logistique doit s'adapter aux différents niveaux de formalisation et d'intégration prescrits par les chaînes logistiques auxquelles elles participent. Les PME font preuve d'une remarquable flexibilité face à la turbulence des marchés et à la compétition, mais elles sont vulnérables aux pressions exercées par les grandes organisations, leurs donneurs d'ordres, qui les poussent trop souvent à adopter des approches contradictoires

de stratégie de différenciation jumelée à une stratégie de réduction constante des coûts. Selon le style de gestion du propriétaire-dirigeant et selon le degré d'ouverture de l'entreprise envers le changement, au moins deux types de stratégies sont possibles. La première est une stratégie proactive adoptée par les visionnaires et les opportunistes qui préfèrent le risque basé sur la poursuite de la performance financière et organisationnelle. La deuxième stratégie est réactive et est adoptée par les gestionnaires qui préfèrent éviter les conflits, veulent conserver leur indépendance et démontrent une certaine aversion aux risques. Ils privilégient les actions correctives pour répondre aux objectifs de performance financière. Pour survivre, ils préfèrent développer des partenariats avec des firmes qu'ils pourront influencer dans une certaine mesure par l'intermédiaire de leurs activités. (Guilhon et Halley, 1997).

#### **2.1.4 Variables de contingence**

Miller et Toulouse (1986), ayant conduit une étude sur la relation entre la stratégie, la structure et la performance, mentionnent que les chercheurs intéressés par la logistique adoptent généralement une approche par contingence. Cinq variables de contingence semblent suffire pour permettre d'établir les liens entre la stratégie empruntée par une entreprise, sa structure, son niveau d'intégration et sa performance logistique (Chow et al., 1995). Ces variables de contingence tiennent compte de l'environnement, des nouvelles technologies, du rapport entre stratégie et structure et de l'importance de la logistique au sein d'une organisation. Ces variables ont été ajoutées au cadre conceptuel

(Figure 2) proposé pour les recherches en logistique (Figure 3) et seront décrites brièvement étant donné leur importance concernant les études sur l'évaluation de la performance.

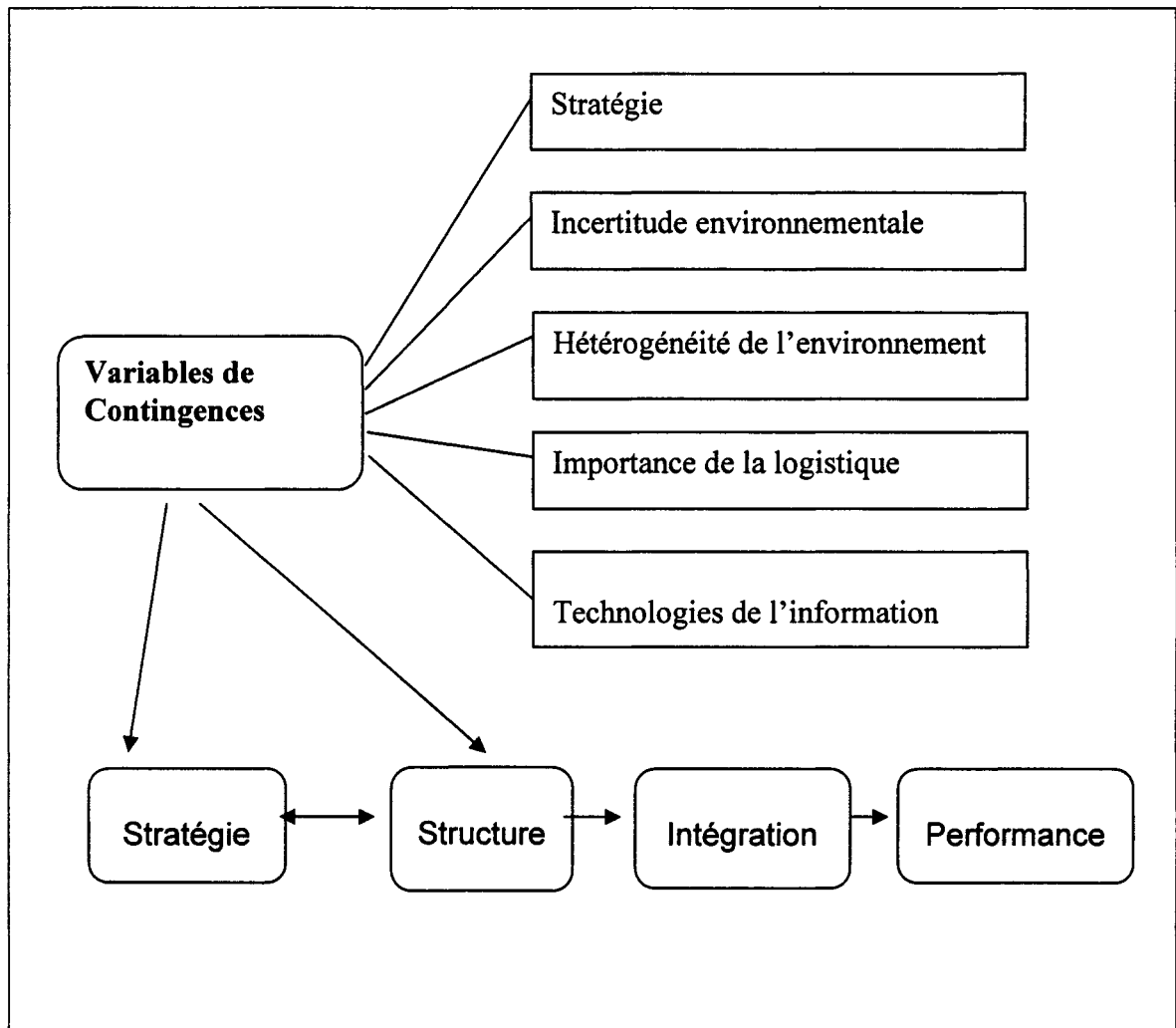


Figure 3. Stratégie, structure et performance : modèle de base incluant les variables de contingence

Tiré de Chow, G.; D.H.Heaver; L.E.Henrikson (1995)

#### 2.1.4.1 Stratégie

Il faut nécessairement déterminer quelle est la stratégie privilégiée par l'entrepreneur. C'est important pour expliquer la liaison entre la structure et la performance. Par exemple, si la stratégie est principalement basée sur les coûts, il faut tenter de déterminer s'il y a une forte corrélation avec la formalisation et la centralisation existant au sein de l'entreprise. De façon contraire, une entreprise qui favorise plutôt une stratégie de différenciation ne verra pas les avantages d'une réduction des coûts liés à une centralisation et une formalisation. Cette entreprise ne veut pas se préoccuper des détails des coûts qu'elle trouve aliénants.

#### 2.1.4.2 Incertitude environnementale

Un facteur d'incertitude gravite autour de chaque entreprise. L'incertitude de la demande est une caractéristique importante du marché. Ce facteur est reconnu comme étant un important facteur d'influence pour la structure de l'organisation. Par exemple, la formalisation des activités logistiques est une réponse à l'incertitude qui règne dans l'environnement de l'organisation. Deux dimensions sont importantes pour ce facteur de contingence. D'abord, il y a l'habileté du décideur de prédire son environnement considérant les fournisseurs, les compétiteurs et les clients. Ici, les caractéristiques des relations avec les acteurs du SCM sont importantes. Elles permettront d'influer sur les relations avec les différents partenaires. L'autre dimension concerne l'étendue de l'environnement. Nous devons la connaître pour bien comprendre l'organisation.

#### 2.1.4.3 Hétérogénéité

L'hétérogénéité est le degré de complexité d'une organisation qui tient compte du marché dans lequel elle opère, des produits des fournisseurs, de la logistique des fournisseurs et de celle des clients. Plus l'organisation est complexe, plus il est difficile d'utiliser des politiques et des procédures standardisées pour stimuler la performance.

#### 2.1.4.4 L'importance de la logistique

Il s'avère utile de connaître le degré d'importance accordé à la logistique par l'organisation. Une façon de le connaître serait de déterminer la proportion des activités logistiques de la firme par rapport aux activités globales. Il est également intéressant de connaître l'intérêt du ou des dirigeants à propos de la logistique.

#### 2.1.4.5 Les technologies de l'information

Les années passées ont été propices à la montée des technologies de l'information et les coûts de ces technologies se sont réduits considérablement, ce qui les rend davantage accessibles. Cette tendance s'installe et est là pour rester. Ces techniques de l'information changent la nature même de la logistique. Les interconnexions sont redéfinies, pouvant être plus nombreuses. Cette technologie modifie la chaîne de production, ce qui a également un effet sur la logistique. Ces nouvelles technologies sont favorables à l'organisation et par conséquent à la logistique. Elles sont favorables



également aux liens entre entreprises et aux alliances. Les flux physiques et administratifs inhérent à la gestion logistique, sont des secteurs permanents d'information. En outre, la régulation des flux, incluant le flux d'information, sera un gage d'efficacité (Peyrault 1990). Ainsi, le système d'information devra être sans faille et les outils de communication fiables. L'utilisation des nouvelles technologies de l'information devient un avantage compétitif. « *Le succès de tout essai de planification des opérations logistiques repose en très grande partie sur la qualité et sur la fiabilité du système d'information qui lui est naturellement associé.* » (Mathe et Tixier, 1987).

Les logisticiens tentent de démontrer l'efficacité de la logistique. Le logisticien doit «...expliquer à tous les niveaux de l'entreprise, mais aussi à ses partenaires, clients, fournisseurs et sous-traitants, qu'il y a nécessité d'une prise en compte globale des flux, d'une fluidité des informations et d'une maîtrise du taux de service. » (Gregory, 1986). Pour les recherches en gestion, les auteurs considèrent, généralement, qu'il faut séparer les termes efficacité (bien faire la chose), efficacité (faire la bonne chose) et effectivité. La performance d'une entreprise dépend de différents facteurs (l'efficacité, l'efficacité et l'effectivité) qui eux-mêmes dépendent de l'approche proactive ou réactive empruntée par le propriétaire-dirigeant. L'efficacité est un ratio extrant / intrant, où seul le résultat financier est considéré. « C'est le degré avec lequel les ressources ont été économiquement utilisées. » (Gleason et Barnum, 1986). L'efficacité représente le ratio besoin / objectif. C'est la mesure avec laquelle les objectifs sont parachevés (Chow et

al., 1994, Guilhon et Halley, 1997). L'effectivité est la capacité d'améliorer la satisfaction et la motivation des membres de l'organisation. (Guilhon et Halley, 1997). Le tableau 4 regroupe, selon chaque facteur, les indicateurs utilisés pour l'évaluation de la performance (efficience) logistique.

L'efficience logistique est la performance logistique globale mesurée à la fois par les indicateurs financiers, les indicateurs reliés aux produits, à l'organisation et aux comportements. L'efficience logistique est définie par « *La contribution des activités logistiques au chiffre d'affaires et à la rentabilité de l'entreprise, à la satisfaction des clients et à la motivation des employés; c'est la capacité des logisticiens de répondre et d'anticiper les attentes des clients, et sa contribution à la création de valeur pour l'entreprise.* » (Guilhon et Halley, 1997, p.481).

La performance, tout comme l'efficience, est multidimensionnelle. Elle est à l'image des organisations et des intérêts des différents gestionnaires. En fait, si pour les grandes organisations, l'efficience logistique se traduit par la poursuite de l'efficience, de l'efficacité et de l'effectivité, il n'en est pas toujours de même pour les PME. Comme mentionné précédemment, l'efficience logistique sera différente d'une PME à l'autre. Elle sera expliquée par le degré d'intégration du processus logistique qui dépend à son tour de l'attitude proactive ou réactive du propriétaire-dirigeant.

Tableau 4 : Principaux indicateurs de la performance logistique regroupés par catégories

<b>Catégories d'indicateurs</b>	<b>Principaux Indicateurs</b>
<b>Financiers</b> (Efficience)	Ventes et chiffres d'affaires, coûts de distribution, taux de rotation des stocks, marges, domaines d'investissements, coûts d'achat et d'approvisionnement, coûts d'entreposage, coûts de transport et de livraison.
<b>Production et organisation</b> (Efficacité)	Qualité des produits (réclamations, retours, etc.), taux de rejets et pertes, taux de livraison en conformité, analyse des attentes des clients, alliances logistiques (prestataires, etc.), études des temps, facturation, variation du cycle des commandes. Nouvelles technologies de l'information, formation et évaluation des vendeurs et livreurs, contrôle des écarts, juste-à-temps, motivation et satisfaction des logisticiens, performances des prestataires et des transporteurs, disponibilité des produits.
<b>Comportements et organisation</b> (Effectivité)	Sécurité et conditions de travail, anticipation et adaptabilité des logisticiens, flexibilité du système logistique, planification, nouvelles technologies de production et de l'information, création des changements organisationnels, investissements dans les connaissances intellectuelles de la logistique, durée des ententes avec les prestataires, stratégie d'approvisionnement.

Tiré de Guilhaon et Halley, 1997

## 2.2 DEA : MODÈLE GÉNÉRAL ET EXTENSIONS

Cette section présente le DEA, son modèle de base et ses principaux dérivés. Pour une analyse plus approfondie et pour une référence complète sur les théorèmes de base ayant servi au développement des modèles, les lecteurs intéressés sont invités à consulter une vaste revue de la littérature présentée par Seiford (1996) ou encore les travaux de Charnes, Cooper, Lewin et Seiford (2000) et Cooper, Seiford et Tone (2000).

### Définition

Le DEA est une application de la programmation linéaire qui évalue l'efficacité relative des unités décisionnelles (Decision Making Unit, DMU).

- Le DEA est une technique de la programmation linéaire non- paramétrique qui détermine un ratio des extrants sur les intrants (output sur input) pour chaque unité décisionnelle, lequel représente un résultat de l'efficacité relative de cette unité. Ce résultat est exprimé par un nombre situé entre 0 et 1 ou 0 et 100. (*Avkiran 1999*).

Le DEA sert à évaluer une série de données entre elles. Ces dernières, soumises aux conditions et traitées selon la méthode proposée, se dessinent sous la forme d'une enveloppe convexe selon laquelle chaque donnée sera représentée en plus de jouer un rôle d'influence au sein du groupe de données étudiés.

### 2.2.1 Applications

Le DEA a été introduit en 1978 par les chercheurs Charnes, Cooper et Rhodes comme étant une technique d'évaluation qui compare un ensemble d'unités décisionnelles (*decision making unit, DMU*). Cette méthode établit l'efficacité des DMU en vérifiant, pour chacune d'elles, comment sont utilisés un ou plusieurs intrants pour produire un ou plusieurs extrants.

#### Exemple à un intrant et un extrant

Il est préférable d'illustrer les concepts à l'aide d'un exemple simple impliquant un intrant et un extrant. Supposons qu'il y ait 8 succursales A à H (Tableau 5) faisant partie d'une même chaîne de vente aux détails.

Tableau 5 : Exemple avec un intrant et un extrant

Succursales	A	B	C	D	E	F	G	H
Employés	2	3	3	4	5	5	6	8
	1	3	2	3	4	2	3	5
Ventes								
<i>Ventes/ Employé:</i>	0,5	1	0,667	0,75	0,8	0,4	0,5	0,625

Dans cet exemple, les huit succursales sont les DMU A à H pour lesquelles il y a eu une cueillette d'information concernant le nombre d'employés (un intrant) et les ventes (un

(un extrant) mesurées en 100 000 dollars. Le rapport des ventes sur le nombre d'employés est une mesure de productivité. Par cette mesure, la DMU B est la plus efficiente et la DMU F, la moins efficiente par rapport au groupe de DMU analysées. Le résultat optimal est 1 et il représente un point de référence (*benchmark*).

Les données de l'exemple peuvent être représentées sur un graphique (Figure 4) où l'on retrouve les ventes à l'axe Y, le nombre d'employés à l'axe X et chaque DMU est représentée par un point (x,y). La pente d'une ligne tracée à partir de l'origine jusqu'à chaque point correspond au rapport des ventes par employé. La pente de la ligne du point d'origine en passant par le point B est la plus prononcée et indique un rapport des extrants sur les intrants plus élevé par rapport aux autres points. Cette ligne du point d'origine et passant par le point B se nomme frontière efficiente. Cette frontière touche au moins un point et tous les points sont en dessous ou sur la frontière efficiente. Une telle frontière représente une enveloppe convexe pour ces points et les points qui se retrouvent sur la frontière efficiente sont par le fait même efficaces. Ainsi, la succursale B est efficiente et la succursale E ne l'est pas, cependant la succursale E est plus efficiente que la succursale H puisqu'elle est plus près de la frontière efficiente.

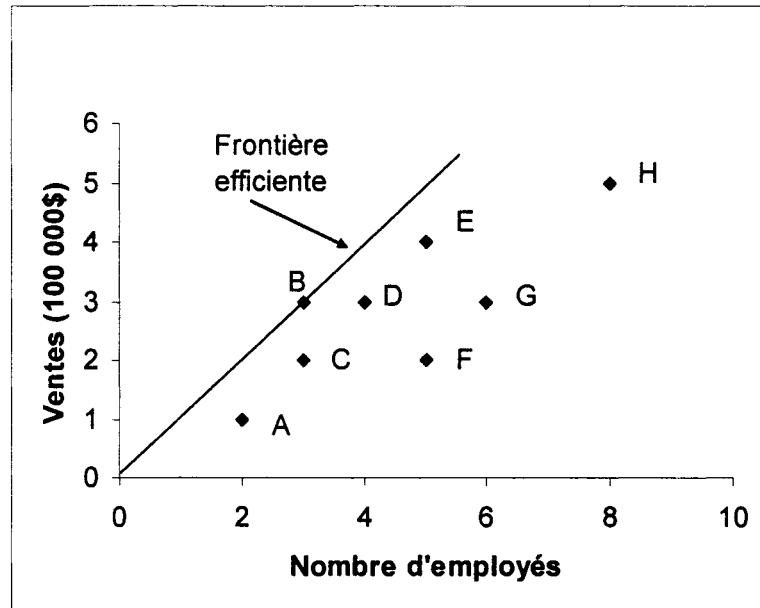


Figure 4. Comparaison entre les succursales

#### Exemple à deux intrants et un extrant

Pour illustrer une application avec deux intrants et un extrant (Tableau 6), prenons l'exemple de 9 supermarchés (DMU A à I). Les deux intrants retenus sont le nombre d'employés et la superficie du supermarché par 1000m<sup>2</sup>. L'extrant de cet exemple est le chiffre des ventes, tout comme précédemment, mais normalisé. Cette normalisation sert à faciliter la compréhension graphique de cet exemple. Alors, pour comparer les DMU entre elles, la valeur des ventes est ramenée à un et est la même pour toutes les DMU. Les intrants doivent représenter les ressources effectivement utilisés pour obtenir des ventes comparables.

Tableau 6 : Exemple avec deux intrants et un extrant

Succursales	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Employés	4	7	8	4	2	5	6	5,5	6
Superficie	3	3	1	2	4	2	4	2,5	2,5
Ventes	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Graphiquement (Figure 5), l'intrant nombre d'employés est directement représenté sur l'axe X en tenant compte du rapport entre le nombre d'employés et les ventes (ventes = 1). Sur l'axe Y est représenté le rapport entre la superficie du supermarché et les ventes, C'est-à-dire les valeurs du deuxième intrant.

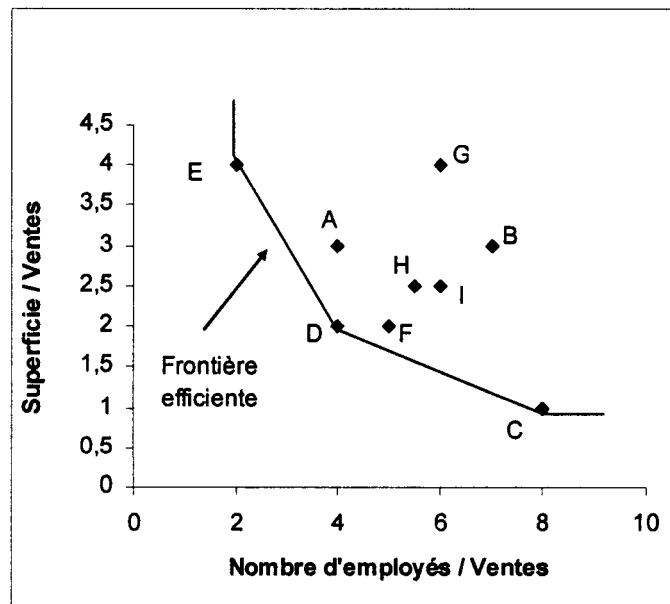


Figure 5. Comparaison deux intrants et un extrant



Pour définir la frontière efficiente, il est naturel de dire que les DMU les plus efficientes consommeront moins de ressources (intrants) pour produire le même nombre d'extrant comparativement aux autres DMU. Alors la ligne qui passe par les points C, D et E représente la frontière efficiente et tend vers l'origine. Les autres DMU doivent se comparer à la frontière efficiente pour juger de leur niveau d'efficience.

#### Exemple à un intrant et deux extrants

Le tableau 7 présente un exemple avec un intrant; le nombre d'employés, et deux extrants; le nombre de clients desservis (1 unité = 10) et les ventes (par 100 000\$), pour sept succursales de vente aux détails que l'on veut comparer. Ici, la valeur des intrants est normalisé et égale à un. Pour chaque DMU, le tableau montre le nombre de clients desservis par employé et la valeur des ventes atteinte par un employé. Par exemple, un employé de la succursale D sert en moyenne 40 clients et atteint un niveau de vente de 300 000\$.

Tableau 7 : Exemple avec un intrant et deux extrants

Succursales	A	B	C	D	E	F	G
Employés x	1	1	1	1	1	1	1
Clients $y_1$	1	2	3	4	4	5	6
Ventes $y_2$	5	7	4	3	6	5	2

Dans cet exemple, la frontière efficiente (Figure 6) sera définie par les DMU ayant les valeurs des extrants les plus élevées pour un intrant comparable. Contrairement à la figure 5 de l'exemple précédent, la frontière efficiente tend à s'éloigner du point d'origine et passe par les points B, E, F et G. Les autres DMU doivent se comparer à la frontière efficiente et augmenter le nombre d'extrant pour améliorer leur efficacité.

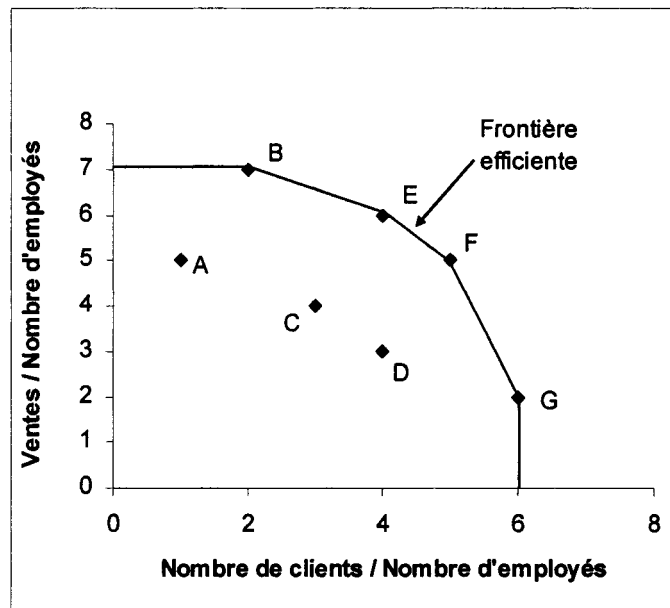


Figure 6. Comparaison un intrant et deux extrants

Le DEA peut être utilisé dans plusieurs contextes, pour évaluer l'efficacité ou la performance de plusieurs DMU et peut intégrer plusieurs intrants et plusieurs extrants à la fois. Le DEA, étant le résultat d'une recherche multidisciplinaire en économie, en génie et en gestion, offre un apport des plus importants par sa capacité à intégrer

efficacement la nature multidimensionnelle des intrants et des extrants, propre à chaque entreprise et chaque secteur. (Anderson, 2004)

Le DEA compare l'efficacité relative de DMU similaires. Les DMU peuvent être utilisées pour représenter des organisations opérant dans le même secteur (semblable) ou des décisions impliquant une comparaison entre plusieurs options ou encore pour comparer l'évolution d'une variable dans le temps, telle une relation expéditeur-transporteur (Kleinsorge, Schary et Tanner, 1991). Le concept de DMU utilise une caractéristique identifiable autour desquels des données peuvent être collectées, tel que des transporteurs effectuant le même type d'activités ou encore des périodes de temps (mois) pour l'évaluation d'un transporteur. Le DEA calculera l'efficacité technique de chaque unité comparable aux autres unités efficaces parmi les variables étudiées. Cette efficacité relative devient un standard selon lequel les autres DMU pourront être comparées. Le DEA procure un résultat d'efficacité relative pour chaque DMU par rapport aux unités qui auront été définies comme étant les unités efficaces. Les unités efficaces sont les unités qui ont la plus grande influence sur la performance en général. De même, les unités inefficaces dégradent la performance ou le service en général. (Kleinsorge et al. 1991)

### 2.2.2 Généralités

Le concept d'une meilleure unité efficiente est à la fois relatif et multidimensionnel. Une unité de référence, qui se révèle efficiente, peut se démarquer des autres unités par une seule dimension ou une combinaison de plusieurs dimensions. Les unités qui ne réussissent pas selon une dimension ou selon une combinaison de dimensions sont jugées inefficaces. Or, la mesure de l'efficacité est établie en comparaison avec d'autres unités et c'est pourquoi elles ne doivent pas être considérées comme des mesures absolues.

Une approche statistique typique est reconnue comme une approche tenant compte de la tendance centrale. Elle évalue chaque unité de production par rapport à la moyenne d'un groupe. Pour le DEA, il s'agit plutôt d'une méthode d'extrême limite où chaque unité de production (DMU) est comparée seulement avec les meilleures unités de production d'un groupe ( $DMU_0$ ).

L'hypothèse fondamentale derrière les méthodes d'extrême limite se rapporte à la notion suivante. Si un producteur efficace (A) est capable de produire  $Y(A)$  extrants avec  $X(A)$  intrants, alors les autres producteurs devraient arriver à produire le même nombre d'extrants avec le même nombre d'intrants. De plus, si un producteur efficace (B) est capable de produire  $Y(B)$  unités d'extrants avec  $X(B)$  intrants, les résultats obtenus par les producteurs A et B (et d'autres producteurs efficaces) peuvent alors être combinés

pour former un autre producteur virtuel avec une combinaison d'intrants qui résultent en une combinaison d'extrants. Dû au fait que ce nouveau producteur n'existe pas vraiment, il est préférable de le nommer un producteur virtuel.

Le principal objectif de l'analyse par DEA est de trouver pour chaque producteur inefficent, un producteur, réel ou virtuel, efficient qui lui correspond le mieux et avec qui il pourra effectivement vérifier en quoi il se distingue. Théoriquement, la meilleure référence pour un producteur inefficent se trouve sur la frontière efficiente, au point qui minimise l'écart entre sa propre position et la frontière. Ainsi, il est possible d'identifier un producteur de référence, virtuel ou réel.

La procédure qui détermine le meilleur producteur réel ou virtuel utilise la programmation linéaire. Faire l'analyse de l'efficience par DEA d'un certain nombre de DMU résulte en autant de problèmes de programmation linéaire.

De plus, et tel que décrit par Anderson (2004), les résultats d'une analyse par DEA doivent inclure les points suivants:

- Une frontière efficiente, ou une enveloppe convexe, qui représente les meilleures pratiques, ou les unités efficientes, *par conséquent les producteurs virtuels efficientes.*

- Une mesure de l'inefficience à corriger qui est représentée par la distance entre chaque DMU et la frontière efficiente.
- La projection des DMU inefficientes sur la frontière efficiente.
- Un groupe de référence efficient, c'est-à-dire qu'il se retrouve sur la frontière efficiente et qu'il présente le plus de ressemblance avec la DMU sous étude, utilisant des intrants et des extrants semblables.

Toujours selon Anderson ( 2004), d'autres résultats importants peuvent être obtenus d'une analyse avancée. En voici la liste :

- Les techniques d'opérations inappropriées et les affectations nuisibles.
- Les rendements d'échelle et les niveaux les plus productifs.
- Les objectifs réalisables et les écarts d'efficacité.
- Les marges de manœuvre managériales, les possibilités additionnelles d'augmenter la productivité, les taux marginaux de productivité, les substitutions théoriques et les propositions de scénarios plus intéressants.
- Les analyses statistiques des relations entre les variables environnementales et les différences technologiques.
- Les avancées de l'efficience dans le temps et la progression de chaque unité décisionnelle dans le temps.
- Le potentiel de profit.

Pour répondre à ces multiples besoins, plusieurs modèles d'analyse ont été développés afin de comparer les DMU entre elles. Le modèle qui servira pour cette étude sera élaboré et décrit en se référant aux travaux de Cooper et al. (2000) et de Charnes et al. (2000). D'abord, une description des différents modèles est exposée.

### **2.2.3 Modèle de base, CCR**

Certains modèles de DEA sont orientés intrant et d'autres sont orientés extrant. Si le modèle est orienté intrant, c'est qu'il fournira l'information nécessaire pour qu'une unité décisionnelle inefficace puisse atteindre l'efficace en diminuant proportionnellement ses intrants. D'autre part, un modèle orienté extrant fournira dans quelle mesure une unité décisionnelle inefficace devra augmenter ses extrants pour atteindre l'efficace en conservant la même quantité d'intrants (Cooper et al., 2000).

#### **2.2.3.1 DEA modèle orienté intrant**

Tel que mentionné précédemment, plusieurs formulations mathématiques ont été proposées pour le DEA. Le point de départ de ces différentes formulations est d'abord représenté par un problème d'optimisation non linéaire où la mesure de l'efficace est représentée comme suit :

$$E = O/I \quad (\text{ou } E = y/x)$$

O (y) est le vecteur des extrants (outputs) et I (x) est le vecteur des intrants (inputs). Il est possible de comparer différentes DMU en utilisant, pour chacune d'elles, le ratio suivant :

$$E_j = \frac{\sum_{r=1}^s y_{rj}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, j = 1, \dots, n \quad (1)$$

m : nombre d'intrant

s : nombre d'extrant

j : nombre de DMU

De la sorte,

- (1) La mesure  $E = y/x$  ne tient pas compte de la variabilité des intrants et des extrants pour chaque DMU comparée.
- (2) De même,  $E = y/x$  ne tient pas compte du fait que les différents intrants et extrants peuvent être pondérés de façon différente, entre eux, selon une même DMU.

Pour tenir compte de ces deux aspects dans la modélisation, on accorde un poids aux différents intrants et extrants. Ce poids peut être choisi pour chaque DMU selon ses propres besoins en matière de comparaison. Les vecteurs de poids u et v seront choisis naturellement de façon à présenter chaque DMU à son image la plus favorable, c'est-à-dire que les vecteurs u et v élèveront l'efficacité  $E_j$  vers une maximisation pour chaque DMU<sub>j</sub>, qui sera exprimée sous la forme du ratio suivant :

$$\text{Max } \Theta_o^p = \frac{u y_o}{v x_o} \quad (2)$$

$\Theta_o^p$  : mesure de l'efficacité de l'unité 0 (DMU<sub>0</sub>)



$u$  : vecteur ligne du poids des extrants

$v$  : vecteur ligne du poids des intrants

$y_0$  : vecteur colonne des extrants de  $DMU_0$

$x_0$  : vecteur colonne des intrants de  $DMU_0$

Pour représenter ces vecteurs, reprenons l'exemple à un intrant et à deux extrants de la section 2.2.1 où;

$u$  : ( 1,2,3,4,4,5,6) ou la ligne du nombre de clients servis par employé et par DMU.

$v$  : (1,1,1,1,1,1,1) ou la ligne du nombre d'employé par DMU.

et pour la DMU A;

$y_0 = y_A : (1,5)$

$x_0 = x_A : (1)$

Exemple avec un intrant et deux extrants

Succursales	A	B	C	D	E	F	G
Employés $x$	1	1	1	1	1	1	1
Clients $y_1$	1	2	3	4	4	5	6
Ventes $y_2$	5	7	4	3	6	5	2

Le modèle (2) est aussi connu sous le nom de CCR puisque ce sont les auteurs Charnes, Cooper et Rhodes qui ont développé ce modèle. Les références concernant la notation et les définitions sont présentées au tableau 8.

Puisque le problème précédent n'est pas sous une forme linéaire, Charnes et al. (1978) ont proposé des formulations permettant de tirer avantage des méthodes de résolution de

programmation linéaire telle la méthode du simplexe. Le modèle CCR orienté intrant (CCR-I) transpose le modèle de programmation non-linéaire (3) en un modèle de programmation linéaire (4). Sous la forme linéaire, les poids  $u$  et  $v$  deviennent  $\mu$  et  $\nu$  respectivement.

### **Forme fractionnaire (3)**

$$\text{Max } \Theta_o^p = \frac{uy_o}{vx_o} \quad (3.1)$$

$$\text{S. à } \quad \frac{uy_j}{vx_j} \leq 1, j = 1, \dots, n \quad (3.2)$$

$$v \geq 0, u \geq 0 \quad (3.3)$$

### **Forme linéaire (4)**

$$\text{Max } \Theta_o^p = \mu y_o \quad (4.1)$$

$$\text{S. à } \quad vx_o = 1 \quad (4.2)$$

$$\mu y_j - vx_j \leq 0, j = 1, \dots, n \quad (4.3)$$

$$v \geq 0, \mu \geq 0 \quad (4.4)$$

Tableau 8 : Notation

Symboles	Définitions	Numéro de modèle utilisant ces symboles
$\Theta_o^p$	mesure de l'efficacité de l'unité 0 (DMU <sub>0</sub> )	2, 3, 4, 6, 7,
$\Theta_o^{*p}$	max de $\Theta_o^p$	
P	L'ensemble des activités de production	
n	nombre de DMU	
m	nombre d'intrants	
s	nombre d'extrants	
$\mu$	vecteur ligne (longueur s) des poids des extrants	4, 6, 7,
$v$	vecteur ligne (longueur m) des poids des intrants	4, 6, 7,
$\mu^*, v^*$	valeur de $\mu$ et $v$ tel que $\Theta_o^p = \Theta_o^{*p}$	6, 7,
$y_o$	vecteur colonne (longueur s) des extrants de DMU <sub>0</sub>	2, 6, 7,
$x_o$	vecteur colonne (longueur m) des intrants de DMU <sub>0</sub>	2, 6, 7,
$\lambda$	vecteur multiplicateur de la projection de DMU <sub>0</sub> sur la frontière efficiente	
Y	matrice s x n des extrants des DMU <sub>j=1,...,n</sub>	
X	matrice m x n des intrants des DMU <sub>j=1,...,n</sub>	
$s^-$	Surplus d'intrant utilisé	
$s^+$	Insuffisance d'extrant généré	

Puisque Y et X représentent les vecteurs  $y_j, j=1, \dots, s$ , et  $x_j, j=1, \dots, n$ , il est possible de formuler les modèles précédents (3) et (4) par une forme générale (5) et (6).

**Forme générale, vectorielle et fractionnaire (5)**

$$\text{Max } \Theta_o^p = uy_o / vx_o \quad (5.1)$$

$$\text{S. à } uY / vX \leq 1 \quad (5.2)$$

$$v \geq 0, u \geq 0 \quad (5.3)$$

**Forme générale, primale et linéaire (6)**

$$\text{Max } \Theta_o^p = \mu y_o \quad (6.1)$$

$$\text{S. à } vx_o = 1 \quad (6.2)$$

$$\mu Y - vX \leq 0 \quad (6.3)$$

$$v \geq 0, \mu \geq 0 \quad (6.4)$$

Dans tout modèle de programmation linéaire, nous retrouvons la forme primale et la forme duale. La formulation précédente (6) représente la forme primale et le modèle orienté intrant sous la forme duale s'inscrit comme suit (7):

**Forme générale, duale et linéaire (7)**

$$\text{Min } \Theta_o \quad (7.1)$$

$$\text{S. à } \Theta_o x_o - X\lambda \geq 0 \quad (7.2)$$

$$Y\lambda \geq y_o \quad (7.3)$$

$$\lambda \geq 0, \Theta_o \text{ libre} \quad (7.4)$$

Utilisées ensemble, les formulations primales (6) et duales (7) peuvent servir à évaluer les écarts entre les DMU efficaces et les DMU inefficaces.

La fonction objectif de la forme primale (6.1) résulte en un scalaire et  $0 \leq \Theta_o^* \leq 1$ . Pour être considérée efficace, une DMU<sub>o</sub> doit obtenir  $\Theta_o^* = 1$ , ce qui signifie qu'elle obtient le résultat optimal. Un résultat plus petit que 1 signifie que la DMU est inefficace et cette inefficace augmente lorsque le résultat tend vers 0. Cependant, à elle seule, cette condition n'est pas suffisante. Pour qu'une unité décisionnelle (DMU<sub>o</sub>) soit efficace, il est nécessaire de vérifier qu'aucun intrant supplémentaire n'est utilisé et que la valeur de l'extrait n'est pas inférieure à une autre DMU efficace lorsque  $\Theta_o^* = 1$ . Par exemple, DMU<sub>A</sub> pourrait utiliser 3 unités d'un intrant pour produire 1 unité d'extrait pendant que DMU<sub>B</sub> utilise seulement 2 unités d'intrant pour produire le même nombre d'extrants. Si  $\Theta_A^* = \Theta_B^* = 1$ , alors seulement B sera efficace; A ayant besoin d'une unité additionnelle d'intrant pour produire le même nombre d'extrants. Pour vérifier cette condition mathématiquement, il faut qu'il y ait au moins un élément de  $(\mu^*, \nu^*) = 0$ . Alors, une unité DMU<sub>o</sub> est inefficace si  $\Theta_o^* < 1$  ou si  $\Theta_o^* = 1$  et qu'il y a au moins un élément de  $(\mu^*, \nu^*) = 0$  pour toutes les solutions possibles.

Il existe deux mesures (ou distances) à vérifier par rapport à la frontière efficace. La première mesure consiste à projeter une DMU<sub>o</sub> non efficace sur la frontière efficace constituée des DMU efficaces en passant par l'origine. C'est ce qui se nomme un

déplacement radial. La distance entre la DMU inefficente et la frontière est l'inefficience technique appelée aussi inefficience radiale.

S'il y a inefficience mix, il faudra d'abord projeter la DMU inefficente sur la frontière efficiente, vers l'origine, et ensuite se glisser le long de la frontière jusqu'à la DMU efficiente la plus près. Pour corriger cette dernière inefficience, il faudra altérer les proportions d'utilisation des intrants ou des extrants. Les graphiques de la figure 7 représentent l'inefficience technique et mix.

#### 2.2.3.2 Projection sur la frontière efficiente

Pour chaque DMU inefficente, il faut trouver un ensemble de référence. Lorsqu'une DMU a répondu à toutes les contraintes et est déterminée efficiente, elle devient un élément de l'ensemble E c'est-à-dire, l'ensemble définissant la frontière efficiente.

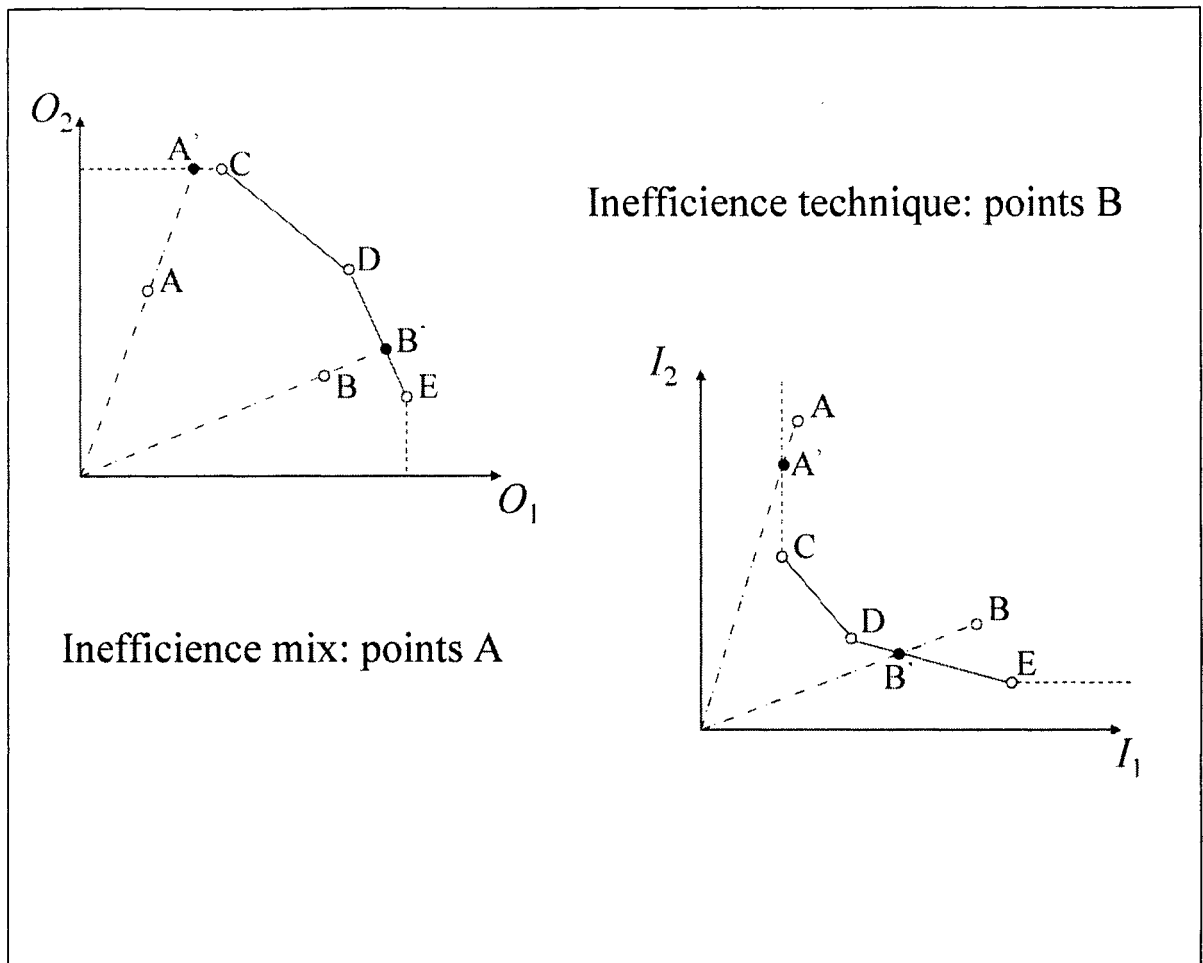


Figure 7. Graphiques de comparaison : inefficiency technique et mix.

Pour les autres DMU inefficientes, il devient intéressant de déterminer quelle est la valeur de l'inefficiency. La valeur de  $\Theta^*_o$  ( $<1$ ) donne une mesure rapide de l'importance de l'inefficiency. Par exemple, si pour  $DMU_A$ ,  $\Theta^*_A = 0,85$  et pour  $DMU_B$ ,  $\Theta^*_B = 0,66$ , alors  $DMU_B$  devra apporter une plus grande correction, que  $DMU_A$ , pour devenir efficiente puisque  $\Theta^*_B < \Theta^*_A$ . En fait,  $1 - \Theta^*_o$  représente le pourcentage de diminution dans les intrants pour amener une  $DMU_o$  sur la frontière efficiente. D'autre

part, le ratio  $1/\Theta^*_o$  est le pourcentage d'augmentation des extrants nécessaire pour amener cette DMU<sub>o</sub> sur la frontière efficiente. Par exemple, pour DMU<sub>A</sub>, il faudra réduire la consommation des intrants de 15 % ou augmenter les extrants de 17,65%

$$\left(\frac{1}{0,85} - 1\right).$$

Pour les DMU inefficientes, il est possible d'identifier spécifiquement les causes d'inefficience. Pour ce faire, il faut d'abord projeter la DMU radialement sur la frontière efficiente. La correction indiquera quels intrants il faut diminuer et dans quelle proportion, ou, encore, elle indiquera quels extrants devront augmenter et dans quelle mesure. En se projetant radialement, la DMU inefficiente trouvera une autre DMU, ou une combinaison de DMU (DMU virtuelle), située sur la frontière efficiente, qui lui servira de référence. Cette référence représente la DMU réelle, ou virtuelle, qui ressemble le plus à la DMU inefficiente. Par comparaison, il sera possible de trouver d'où vient l'écart faisant obstacle à l'efficience et d'en déterminer l'ampleur.

Pour chaque DMU<sub>o</sub>, il faut identifier son propre ensemble de référence E<sub>o</sub> en substituant  $\mu_o$  et  $\nu_o$  par  $\mu^*$  et  $\nu^*$  dans les contraintes (6.3). Chaque contrainte dont la variable d'écart est nulle identifie un élément de E<sub>o</sub> qui lui-même appartient à E, la frontière efficiente. À la 7, l'ensemble de référence E<sub>o</sub> est représenté par les lignes qui relient les points C, D et E.



Après avoir identifié l'ensemble de référence, il est possible de projeter, par exemple, la DMU A ( $A' \leftarrow A$ ) sur la portion de la frontière comprise entre les éléments, appartenant à  $E_0$ , de l'ensemble de référence de A. Dans un exemple à 2 intrants et 1 extrant,  $A' = (\Theta^*_A * x_{1A}, \Theta^*_A * x_{2A})$ .

La projection de A sur A' sur le segment de droite (frontière efficiente) passant par  $E_0$  (l'ensemble de référence) constitue la projection radiale. Une fois projetée sur la frontière, l'inefficience technique de A sera, théoriquement, corrigée. Avant de confirmer l'efficience de la  $DMU_A$ , il faut maintenant s'assurer qu'il n'y a pas existence d'inefficience mix, c'est-à-dire que la projection radiale est possible à l'intérieure de la ligne de la frontière efficiente dessinée par les DMU analysées. Si la projection radiale détermine un point dans la ligne de la frontière mais à l'extérieure de celle-ci, il faut d'abord projeter la DMU sur la ligne de la frontière et ensuite glisser jusqu'au point le plus près sur la frontière. Cette correction se fait mathématiquement à l'aide du problème max-slack (voir les ouvrages de références à ce sujet) (tableau 9).

Par exemple, pour corriger l'inefficience mix, il faut d'abord déterminer où est la source de l'inefficience, c'est-à-dire avec quelle  $DMU_0$  y a-t-il toujours un écart, et ensuite glisser le long de la frontière efficiente pour aller rejoindre cette  $DMU_0$ . À la figure 7, la DMU A doit d'abord être projetée en A' (correction de l'inefficience technique) et ensuite rejoindre la DMU C (correction de l'inefficience mix). Mathématiquement, il

faut utiliser les valeurs de  $\lambda$ , elles-mêmes déterminées à partir de la forme duale ainsi que les valeurs de  $s^{-*}$  et  $s^{+*}$ , à leur tour déterminées à partir de la solution max-slack.

Tableau 9 : Projection sur la frontière efficiente pour le modèle CCR-I

Projection de $(x_o, y_o)$	
$x_o' \leftarrow \theta^* x_o - s^{-*}$	$y_o' \leftarrow y_o + s^{+*}$
ou	ou
$x_o' = \sum_{j \in E_o} x_j \lambda_j^*$	$y_o' = \sum_{j \in E_o} y_j \lambda_j^*$

#### 2.2.4 Extension au modèle de base, le modèle BCC

Le modèle BCC diffère du modèle CCR par l'ajout de la condition suivante :

$$e\lambda = \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1.$$

Avec l'ajout de la condition  $\lambda_j > 0$ , pour tous les  $j$ , la frontière efficiente se voit imposée une contrainte et devient plus restreinte ou convexe (Figure 8). Le modèle BCC tient compte du fait que le rapport entre la diminution de l'utilisation des ressources (intrants) ou l'augmentation des résultats (extrants) n'est pas forcément le même pour chaque DMU. Il s'agit alors d'intégrer la notion de rendements d'échelles variables. Pour le modèle CCR, les rendements d'échelles sont considérés constants, ce qui n'est pas toujours une représentation adéquate de la réalité. La figure 8 présente l'influence de l'ajout de la contrainte, sur la frontière efficiente.

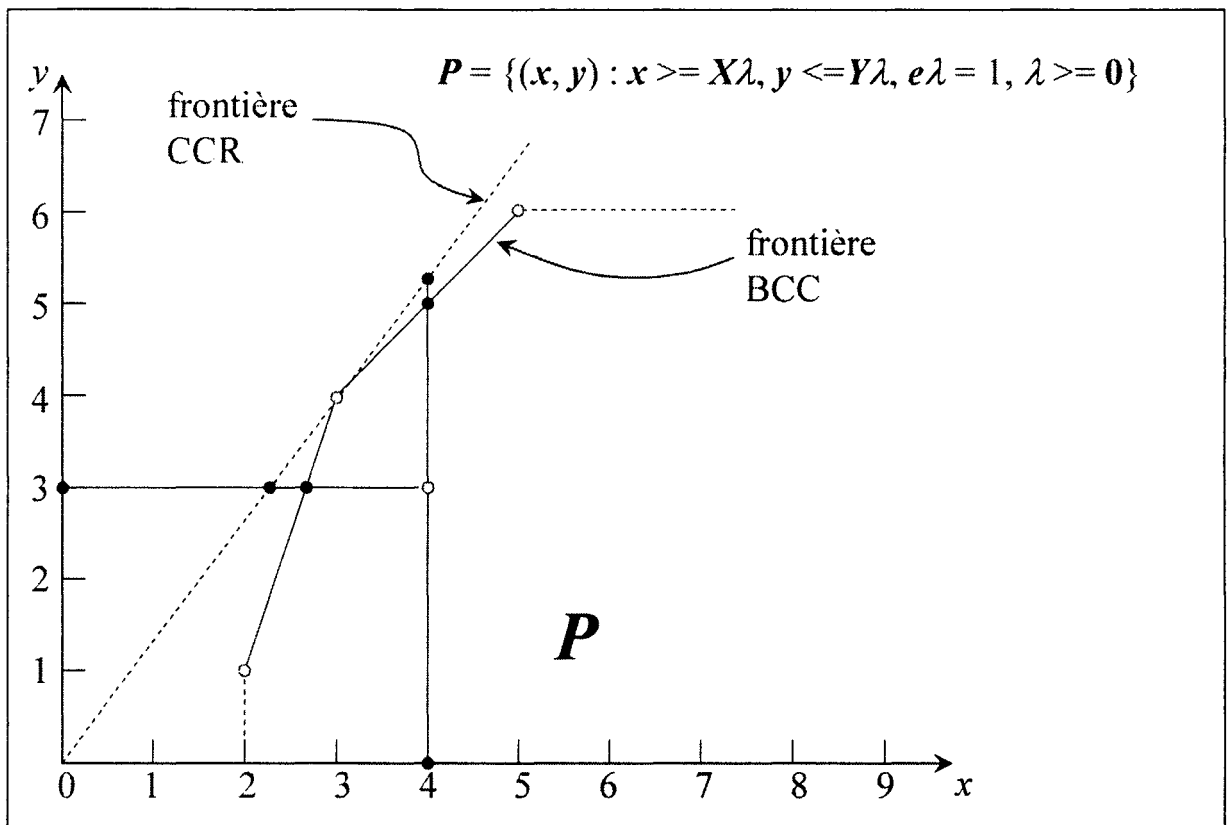


Figure 8. Frontière efficiente CCR et BCC.

La variabilité du rendement d'échelles fait en sorte que certaines DMU sont efficientes avec le modèle BCC et inefficientes avec le modèle CCR. Pour reporter les DMU non efficientes sur la nouvelle frontière efficiente, il faut, comme pour le modèle CCR, utiliser le problème dual auquel la contrainte ( $e\lambda = 1$ ) a été ajoutée. Les valeurs ainsi obtenues s'interprètent comme des proportions qui serviront au report sur la frontière.

### 2.2.5 Autres modèles

Les modèles précédents nécessitent une distinction entre les différentes orientations intrant ou extrant. Dans le modèle additif, proposé par Ali et Seiford (1993), les deux orientations sont combinées. De plus, il existe plusieurs types de modèles additifs. Le modèle additif a la même frontière efficiente que le modèle BCC. Cependant la projection d'une DMU inefficente se fait de façon combinée toujours en utilisant  $s^+$  et  $s^-$ . L'utilisation du modèle additif jumelé à la contrainte  $e\lambda=1$  du modèle BCC, résulte en un avantage important pour ce qui concerne la confidentialité des données étudiées. En effet, il permet d'ajouter une constante aux variables étudiées. Ainsi, la valeur des intrants et des extrants reste confidentielle.

À ce jour, encore plusieurs autres modèles se développent et il existe plusieurs modèles dérivés des applications précédentes, en voici quelques exemples. Il existe quelques modèles qui proposent des traitements spéciaux pour variables non-discrétionnaires (Banker et Morey, 1986a) et un modèle comptable pour des variables catégoriques (Banker et Morey, 1986b). Un autre modèle projette une DMU non-efficente sur la frontière en un point où la combinaison d'intrants et d'extrants ressemble le plus possible à la DMU analysée (Tone, 1999). Dérivés des modèles additifs, les modèles multiplicatifs se sont développés par l'utilisation des fonctions logarithmiques sur les lignes des matrices des données (DMU) (Charnes et al., 1982, 1983) et il y a l'analyse par fenêtres (DEA window analysis) pour les séries chronologiques (Charnes et al.,

1985), laquelle sera utilisée pour cette étude concernant les Élévateurs des Trois-Rivières (sections 3 et 4).

Pour la majorité des modèles présentés, chaque DMU est observée une seule fois. Dans quelques études, l'analyse est reproduite et comparée de période en période. De fait, il est intéressant de connaître l'évolution de l'efficience dans le temps. Il est possible d'utiliser le DEA pour évaluer les DMU en ayant recours à une analyse chronologique que l'on pourrait comparer, par analogie, à la moyenne mobile, où une même DMU est traitée comme si elle était une nouvelle DMU pour chaque période. La performance d'une DMU pour une période spécifique peut être comparée à sa performance pour une autre période tout en étant comparée aux autres DMU. L'analyse par fenêtres peut être effectuée avec les modèles CCR, BCC ou ADD.

Le lecteur pourra trouver une revue complète de la littérature concernant les modèles de DEA avec l'article de Seiford (1996) et les deux livres suivants; Cooper et al., (2000) et Charnes et al., (2000).

#### **2.2.6 Rendements d'échelles constants, croissants et décroissants**

Le modèle CCR réfère à des rendements d'échelle constant (constant return to scale). Les modèles BCC et additif, en imposant la contrainte  $e\lambda=1$ , tiennent compte des rendements d'échelles variables. Les variations peuvent alors être croissantes ou

décroissantes. Pour chaque DMU située sur la frontière efficiente, il est possible de connaître si un accroissement du rendement d'échelle est possible ou non.

Les rendements d'échelles croissants signifient que le rapport des extrants sur les intrants augmente à chaque accroissement de la valeur des variables. Les rendements d'échelles décroissants signifient que le rapport, des extrants sur les intrants, diminue, c'est-à-dire, qu'à chaque accroissement d'un intrant, les extrants augmenteront moins rapidement. Il existe une façon de vérifier le comportement des rendements d'échelles pour chaque DMU.

#### 2.2.6.1 Rendement d'échelle pour BCC et ADD

Pour un point  $(x_o, y_o)$  sur la frontière efficiente, les conditions suivantes s'appliquent pour la détermination du rendement d'échelle:

- Un rendement d'échelle croissant prévaut au point  $(x_o, y_o)$  si et seulement si  $\mu_o^* < 0$  pour toutes les solutions optimales;
- Un rendement d'échelle décroissant prévaut au point  $(x_o, y_o)$  si et seulement si  $\mu_o^* > 0$  pour toutes les solutions optimales;
- Un rendement d'échelle constant prévaut au point  $(x_o, y_o)$  si et seulement si  $\mu_o^* = 0$  pour au moins une solution optimale.

Pour connaître s'il s'agit d'un rendement d'échelle croissant ou décroissant, il faut nécessairement identifier toutes les solutions optimales puisque la condition l'exige. Or, il peut être difficile de les identifier toutes. De plus, il n'y a pas de solution possible, à ce jour, pour évaluer le rendement d'échelle pour les points qui ne sont pas sur la frontière efficiente.

Pour le modèle CCR, il existe une certaine particularité. Ce modèle est associé et caractérisé par la constance des rendements d'échelles. Or, si ceci est techniquement juste, ce modèle peut, lui aussi, être utilisé pour déterminer la croissance d'un rendement d'échelle pour une DMU sur la frontière efficiente.

#### 2.2.6.2 Rendement d'échelle pour CCR

Pour un point  $(x_o, y_o)$  sur la frontière efficiente, les conditions suivantes s'appliquent pour la détermination du rendement d'échelle:

- Un rendement d'échelle croissant prévaut au point  $(x_o, y_o)$  si et seulement si

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^* < 1 \quad \text{pour toutes les solutions optimales;}$$

- Un rendement d'échelle décroissant prévaut au point  $(x_0, y_0)$  si et seulement si

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^* > 1 \text{ pour toutes les solutions optimales;}$$

- Un rendement d'échelle constant prévaut au point  $(x_0, y_0)$  si et seulement si

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^* = 1 \text{ pour au moins une solution optimale.}$$

#### 2.2.6.3 Liens entre les modèles

Voici les liens existants entre les rendements d'échelles des modèles CCR et BCC.

- $\mu_0^* < 0$  pour toutes les solutions optimales de BCC ssi  $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* < 1$  pour toutes les solutions optimales de CCR;
- $\mu_0^* > 0$  pour toutes les solutions optimales de BCC ssi  $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* > 1$  pour toutes les solutions optimales de CCR;
- $\mu_0^* = 0$  pour toutes les solutions optimales de BCC ssi  $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* = 1$  pour toutes les solutions optimales de CCR;

#### 2.2.6.4 Représentation graphique, rendement d'échelle croissant

Selon la représentation graphique de la figure 9, si la pente de la droite qui passe par 0 et A augmente lorsque l'on passe de A à A', le rendement d'échelle est croissant au point



A. Si la pente diminue, le rendement d'échelle est décroissant. Sur la figure, le rendement d'échelle est croissant jusqu'à  $A'''$  et décroissant par la suite.

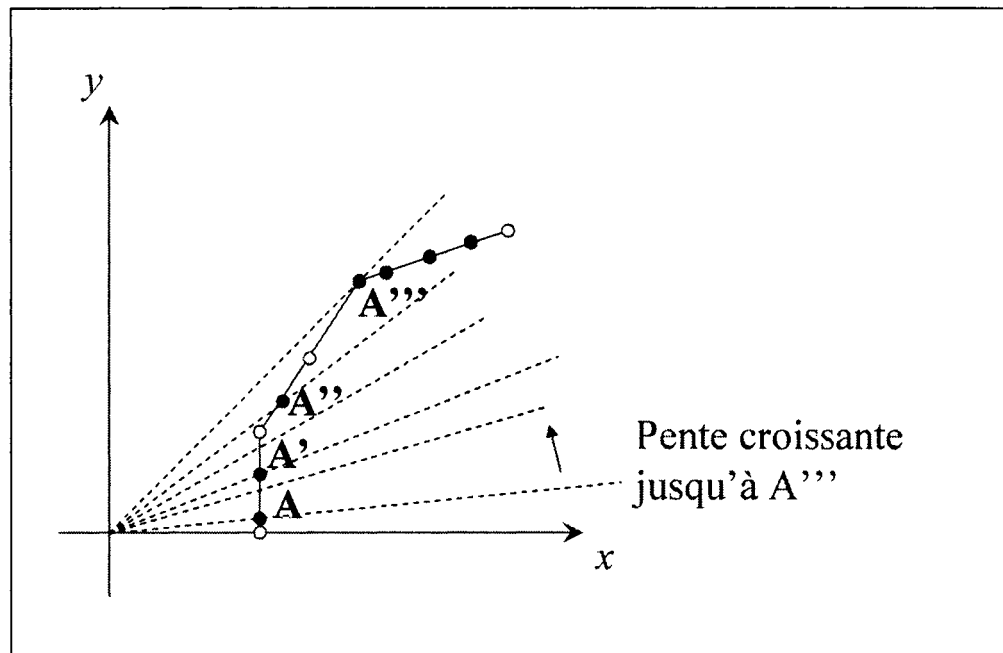


Figure 9. Rendement d'échelle croissant

## 2.3 DEA ET LA LOGISTIQUE

### 2.3.1 Synthèse de la littérature, DEA

Le DEA a été utilisé pour évaluer l'efficacité dans plusieurs contextes notamment les organisations publiques, les banques, les systèmes des soins de la santé, le système de l'éducation, la sécurité publique, les municipalités et régions, les organisations à but non lucratif, les organisations sportives, etc. Forker et Mendez (2001) ont identifié les

domaines d'application du DEA déjà explorés, et ils ont répertorié les principaux auteurs de ces études. Cette liste ne se veut pas exhaustive, mais plutôt une base intéressante pour concevoir le vaste champ d'application du DEA. Le tableau 10, présente les domaines d'activités ayant fait l'objet d'application du DEA et les principaux chercheurs s'y étant intéressés.

La section suivante présente une revue de la littérature du DEA appliqué à la logistique.

Tableau 10 : Domaines d'activités du DEA et leurs principaux auteurs

<b>Domaines d'activités</b>	<b>Principaux auteurs</b>
• Opérations transport aérien	• Chan et Sueyoshi, 1991; Schefczyk, 1993
• Domaine bancaire	• Giokas, 1991; Oral et al., 1992; Al-Faraj et al., 1993; Barr, Seiford et Siems, 1993; Sherman et Ladino, 1995
• Brasseries	• Day, Lewin et Li, 1995
• Base de défense industrielle	• Bowlin, 1995
• Éducation	• Beasley, 1995
• Production d'électricité	• Charnes, Clarke et Cooper, 1989
• Soins de la santé	• Banker, Conrad et Strauss, 1986; Borden, 1988
• Industries manufacturières	• Ray et Kim, 1995; Shafer et Bradford, 1995
• Organisations à but non-lucratif	• Charnes, Cooper et Rhodes, 1981; Pina et Torres, 1992
• Baseball professionnel et équité salariale.	• Howard et Miller, 1993
• Entreprises de ventes au détail	• Athanassopoulos, 1995
• Transport et logistique <sup>1</sup>	• Cook, Roll et Kazakov, 1990; Clarke et Gourdin, 1991; Cook, Kazakov, Roll et Seiford, 1991; Chu et Fielding, 1992; Weber et Weber, 2004.
• Entretien des véhicules de transport	• Clarke, 1992
• Technologies de l'information	• Dasgupta, Sarkis et Talluri, 1999
• Ventes	• Weber, 1996; Weber, Current et Desai, 2000

*Tiré et adapté de Forker et Mendez, 2001*

<sup>1</sup> Pour le domaine de la logistique, voir la revue de cette section.

### **2.3.2 Revue de la littérature, DEA et logistique**

Van der Meulen et Spijkerman (1985) ont écrit un des premiers articles sur l'évaluation globale et partielle de la performance logistique par l'utilisation d'une série de ratios (extrants/intrants). Après une discussion basée sur les différents modèles d'évaluation de la logistique, les auteurs proposent leur propre modèle basé sur la transformation d'une série d'inputs en une série d'outputs résultant d'un processus logistique (achat, entreposage, production, entreposage et ventes). Le modèle veut répondre à un besoin d'évaluation à la fois partielle et globale, du processus logistique.

Kleinsorge et al. (1989) ont proposé une application du DEA pour évaluer les décisions logistiques reliées aux problèmes de distribution internationale rencontrés par Hewlett Packard. Les DMU représentaient huit choix possibles utilisant différentes quantités des mêmes intrants (coûts de déplacement, coûts d'emballage) pour produire différentes quantités des mêmes extrants (coûts de production, part de contribution au profit et nombre de livraisons à temps). Le but recherché par l'utilisation du DEA était d'identifier la ou les meilleures options en regard des économies d'échelles.

Depuis 1989, moins d'une dizaine d'articles ont été écrits sur le sujet. Clarke et Gourdin (1991) ont évalué, sur une période de quatre ans, 17 centres d'entretien de véhicules de transport routier. La première analyse utilisait les données de 1983, recueillies pour chaque centre d'entretien. Les résultats étaient remis aux gestionnaires de chaque centre,

qui devaient les utiliser afin d'améliorer leur propre performance. Les résultats obtenus répondaient à quatre besoins : juger la performance relative de chaque centre, identifier les centres inefficients, déterminer les ressources excédentaires, et pour chaque centre inefficent, cibler les centres efficients les plus semblables. Après une autre année d'opération, la même analyse était répétée et, encore une fois, les résultats étaient présentés aux gestionnaires. Cette procédure fût reconduite deux autres années pour un total de quatre études. Pour l'ensemble de l'étude, les résultats ont démontré une augmentation de l'effcience globale passant de 11 à 14 centres efficients sur un total de 17, malgré un relâchement à la troisième année (1985). Les centres retrouvés inefficients d'une année à l'autre n'étaient pas nécessairement les mêmes. L'ineffcience globale s'est réduite sensiblement. Un deuxième objectif de l'étude était de vérifier le niveau de satisfaction des gestionnaires en regard des résultats d'analyse obtenus pour chaque centre. À l'aide de questionnaires et d'entrevues, les gestionnaires ont généralement reconnu que le DEA avait contribué à identifier les centres efficients, ceux inefficients et les sources d'ineffcience. Cependant, les avis sont partagés pour reconnaître l'avantage du DEA en ce qui concerne l'adéquation de l'ensemble des ratios utilisés par l'entreprise. En général, le DEA supportait leurs opinions face à la performance de leur propre centre et à celle des autres.

Kleinsorge et al. (1991, 1992) ont récidivé avec une autre application du DEA pour Hewlett Packard. S'intéressant à l'évaluation de la performance logistique par des critères de performance tangibles (ex : les livraisons à temps) et des critères intangibles

(ex : la satisfaction du client), les auteurs ont utilisé le DEA pour pouvoir évaluer une relation expéditeur-transporteur ainsi que la qualité attendue par les deux parties, sur une période de 18 mois, chaque DMU représentent un mois. Puisque l'objectif de l'étude était principalement de démontrer une application du DEA pour effectuer l'évaluation d'une relation, et non de faire l'évaluation de tous les transporteurs, les données concernant un seul transporteur étaient suffisantes. La relation expéditeur-transporteur était évaluée à l'aide de modèles orientés intrants. Les valeurs des intrants les plus pertinentes étaient les coûts totaux des expéditions et le nombre d'expéditions. Pour les extrants, les critères tangibles représentant le mieux les objectifs de performance souhaités étaient le nombre de commandes livrées à temps et le nombre de factures reçues sans erreur. Pour démontrer le potentiel du DEA à effectuer des analyses de variables intangibles, les données ont dû être créées spécifiquement pour l'étude. Les mesures devaient rencontrer quatre critères : elles devaient être facilement identifiables, faciles à intégrer dans le modèle, simples à comprendre et révélatrices, c'est-à-dire en relation avec le résultat attendu. L'expéditeur devait accorder un pointage à différentes dimensions perçues chez le transporteur et qui se résumaient par deux extrants; l'expérience et la confiance en la poursuite des affaires. Pour évaluer l'expérience des transporteurs, l'expéditeur devait accorder un pointage à chacune des variables intangibles suivantes; honnêteté, flexibilité, accessibilité, courtoisie, communication et compréhension des besoins du client. Pour évaluer la confiance en la poursuite des affaires, l'expéditeur accordait un pointage aux variables sécurité, facturation conforme, amélioration continue et force financière. Bien que ces données n'aient pas été

recueillies avec un protocole rigoureux assurant la représentativité et l'objectivité, leur utilisation allait servir à démontrer l'intégration de variables intangibles dans un modèle global d'évaluation de la performance. L'étude comportait le modèle d'analyse global où les éléments tangibles et intangibles étaient combinés et un modèle d'analyse qui n'utilisait que les variables intangibles. Pour les 18 périodes, huit se sont révélées efficientes dans le modèle combiné (éléments tangibles et intangibles) et seulement trois pour le modèle d'analyse ne considérant que les variables intangibles. Les auteurs posent l'hypothèse selon laquelle la performance du transporteur était alors généralement efficiente, mais perçue insuffisante pour garantir la poursuite de la relation dans le futur. Dans le modèle combiné, les auteurs ont relevé que toutes les périodes avaient atteint un niveau d'efficacité supérieur à 0,90 (90%) sauf une. Les résultats pouvaient démontrer une certaine constance de la performance du transporteur. La période ayant obtenu un résultat de 86% (sous 90%) était le mois de février et le résultat était possiblement causé par des conditions climatiques difficiles. Les modèles duals ont été utiles pour identifier les périodes offrant le plus fort potentiel d'augmentation d'efficacité globale. En analysant plus en profondeur les périodes ayant obtenu les plus grands écarts, il serait possible d'identifier les sources responsables de l'inefficacité dans la relation expéditeur-transporteur.

Plus récemment, Murphy, Pearson et Seiford (1996) ont fait une analyse de la performance de la fonction approvisionnement pour l'industrie pétrolière par DEA. La performance de 18 centres (DMU) y est évaluée. Quatre intrants ont servi à l'analyse: les

dépenses liées aux opérations, le nombre d'acheteurs, le nombre d'employés administratifs et le nombre de fournisseurs. Les extrants retenus étaient les dépenses en approvisionnement et le pourcentage des dépenses des départements par rapport aux dépenses totales de l'entreprise. Sur les 18 centres, 6 pétrolières ont obtenu le pointage maximal. Les autres résultats se situaient entre 0.12 et 0.77. Les auteurs ont soulevé plusieurs avantages au DEA concernant l'apport d'informations sous diverses formes. Cependant, ils invitent à la prudence quant à l'importance trop grande accordée aux résultats. Ils préviennent que l'outil utilise un nombre restreint de données qui ne peuvent traduire à elles seules l'environnement dans lequel gravite l'organisation.

Le DEA a été utilisée pour évaluer la performance des fournisseurs d'une entreprise manufacturière qui désirait en réduire le nombre. Faisant suite à une étude de Weber (1996) (évaluation de la performance des vendeurs d'une PME évoluant dans un environnement de juste-à-temps), Liu, Ding et Lall (2000) ont présenté la méthodologie et un cas d'une application du DEA. Tout comme Weber (1996), les auteurs ont défini leurs critères de performance à l'aide des recommandations de Dickson (1966). En 1966, ce dernier proposait l'utilisation de 23 facteurs permettant d'évaluer le potentiel des vendeurs. Les auteurs ont considéré que les mêmes critères pouvaient être récupérés pour évaluer et discriminer les fournisseurs. À partir de ces critères de performance et du degré d'importance accordé à chacun, les auteurs ont retenus comme intrants l'index des prix, les délais de livraison et la distance entre l'entreprise et chaque fournisseur, et, comme extrants, le nombre de pièces pouvant être livrées par le fournisseur et la qualité



des pièces. L'entreprise, qui fabrique des équipements destinés au marché agricole et au marché de la construction, a un total de 400 fournisseurs qui lui procurent plus de 8 000 pièces. Les pièces ont été regroupées en 18 sous-groupes. À la suite de l'analyse, les recommandations appuyaient une réduction d'environ 20 fournisseurs. À l'aide du dual, il était possible d'identifier les fournisseurs et les sources d'inefficience ce qui allait permettre d'engager une négociation ciblée entre l'entreprise et ses fournisseurs. L'entreprise était satisfaite des résultats obtenus et voulait poursuivre l'utilisation du DEA. L'objectif poursuivi par l'étude était de démontrer l'utilité du DEA comme outil d'aide à la décision lorsque les objectifs stratégiques, telle la réduction du nombre de fournisseurs, sont connus et inclus dans le modèle par l'intermédiaire du choix des intrants et des extrants.

Forker et Mendez (2001) ont voulu démontrer l'utilité du DEA comme outil d'étalonnage. Ayant ciblé des entreprises fournisseurs de composantes électroniques, un total de 421 questionnaires a été posté à ces entreprises situées dans diverses régions de l'Amérique du Nord. Sur ce total, 292 questionnaires (69%) ont été retournés et ont servi à comparer les entreprises entre elles. La comparaison s'effectuait sur la base de la gestion de la qualité totale exercée par chaque entreprise. Plusieurs intrants et extrants ont été retenus pour cerner les nombreuses dimensions existantes. Une fois les résultats obtenus et après avoir identifié les entreprises efficaces et les groupes de référence pour chaque entreprise, le modèle dual servait à identifier les entreprises qui se retrouvaient le plus souvent dans les groupes de référence. Ces dernières étaient

reconnues comme les entreprises ayant les meilleures pratiques de gestion et représentaient « le groupe de référence » par excellence.

Dernièrement, Petroni et Bevilacqua (2002) ont utilisé le DEA pour évaluer les meilleures pratiques d'entreprises. Les PME manufacturières étaient visées et leur flexibilité évaluée. L'échantillon a été prélevé dans la région de Brescia en Europe où 542 questionnaires ont été postés et 89 ont été retournés (16%). Tout comme l'étude précédente, un premier objectif était de définir un groupe d'excellence. L'étude s'est poursuivie par une visite des « meilleures » entreprises afin de répondre au deuxième objectif, de détermination des profils organisationnels et stratégiques de ces PME. De toutes les études présentées précédemment, celle-ci est la seule utilisant un modèle orienté extrant tel que proposé par Banker et Morey (1986). L'étude compare la flexibilité des entreprises sous 7 dimensions (extrants). Sur le total de 89 répondants, 16 entreprises se sont qualifiées efficientes et représentaient le groupe de référence. Pour discriminer les entreprises entre elles, les auteurs ont procédé en trois étapes. Ils ont d'abord utilisé le programme de DEA orienté extrant. Ensuite, ils ont utilisé le modèle additif de Charnes et pour terminer, ils ont fait une compilation des résultats obtenus pour les 7 dimensions de la flexibilité. À la suite de la visite des 16 entreprises (groupe de référence), les chercheurs ont relevé les principaux leviers permettant d'améliorer la flexibilité globale. Bien que le DEA n'ait pas servi directement à identifier ces leviers, il a servi à vérifier quelles dimensions de la flexibilité étaient plus discriminantes, ce qui offrait une piste de recherche pour les études sur le terrain. En conclusion, les auteurs

ont révélé les 5 principaux leviers suivants : la réorganisation relativement récente de la chaîne d'approvisionnement, les choix des politiques managériales et des processus favorisant l'amélioration de la flexibilité, la définition des objectifs de ventes pour les nouveaux produits, la facilité à déplacer des unités d'assemblage et l'adoption de technologies manufacturières avancées.

Bien que l'analyse par DEA soit prometteuse dans le domaine de l'évaluation de la performance logistique, la compréhension et surtout l'application de la méthode peut s'avérer complexe. L'accès s'en retrouve réduit, ce qui expliquerait le faible nombre d'articles sur le sujet à ce jour. Cependant, en vérifiant parmi tous les domaines d'applications possibles, il est évident qu'un plus grand nombre de chercheurs s'intéressent au DEA et le nombre de parutions à ce sujet augmente progressivement.

## **2.4 DEA ET AUTRES MÉTHODES**

Une méthode d'extrême limite, tel le DEA, n'est pas toujours appropriée pour effectuer des analyses, mais se présente comme une méthode intéressante pour certains cas. Le DEA est un outil théorique qui offre plusieurs avantages si on le compare aux méthodes traditionnelles de mesure d'efficience comme les ratios de performance et les méthodes de régression.

### **2.4.1 Autres méthodes d'évaluation**

Avant de poursuivre plus en détails, il est intéressant de présenter quelques outils qui ont été développés et qui ont fait l'objet de curiosité dans l'évaluation de la performance logistique.

Selon Brewer et Speh (2000), quelques centaines de méthodes métriques ont servi à évaluer la performance logistique. Un cadre conceptuel typique inclut notamment trois catégories majeures d'évaluation : la mesure des services, celle des coûts et la mesure des retours sur investissement (ROA). Pour les mesures de la prestation de service offert à la clientèle, les firmes développent généralement des systèmes mesurant spécifiquement les cycles de production ou de livraison, les taux de réponse, les bris et les plaintes, les erreurs sur livraison, le nombre de commandes parfaitement complétées, etc. Pour leur part, les mesures de coût détermineront les coûts des commandes, les coûts de gestion par unité, les coûts de transport, etc. Les retours sur investissement serviront à établir dans quelle mesure les investissements en logistique contribuent à la marge bénéficiaire.

Ces mesures occupent une part critique dans l'évaluation de la performance logistique d'une entreprise. Cependant, elles ne répondent pas aux objectifs de mesurer, de motiver et d'optimiser la performance générale de la firme (intrafirme) et la performance entre

les firmes (interfirmes) (Brewer et Speh, 2000). Par exemple, ces mesures ne permettent pas la comparaison globale entre deux entités d'une même entreprise.

Afin d'établir une relation entre plusieurs entités, il faut avoir recours à une autre catégorie d'outils de mesure de la performance. En marge de ceux-ci, les techniques de mesures traditionnelles serviront à soutenir l'analyse en détail. Or, les nouveaux outils doivent considérer l'entreprise dans son ensemble et tenir compte de la stratégie d'entreprise, de la stratégie logistique et de la complexité des liens entre les acteurs et les activités. Le DEA répond à ce besoin et, évidemment, plusieurs autres outils se sont développés en visant les mêmes objectifs d'évaluation globale. Le DEA sera brièvement comparé aux techniques utilisant des fiches d'évaluation du rendement (balanced scorecard) et aux techniques d'étalonnage (benchmarking).

Pour appliquer la méthode des fiches d'évaluation, le gestionnaire devra d'abord connaître et comprendre clairement la stratégie de l'entreprise. Il devra, dans la majorité des cas, formuler et ainsi définir cette stratégie. L'étape suivante consistera à traduire la stratégie en plusieurs mesures et à construire un questionnaire. Ces mesures se partagent en quatre catégories telles que définies par le cadre conceptuel proposé par Kaplan et Norton (2000) : la perspective du client, la perspective des gestionnaires de la firme, la perspective de l'innovation et de l'apprentissage et finalement la perspective financière. Après avoir amassé les informations, un rapport établit un parallèle entre la perception des différents collaborateurs et la réalité.

Cette méthode est intéressante mais exigeante et demande une expérience et une connaissance approfondie de l'entreprise et de son milieu. Également, le responsable de l'étude devra démontrer un bon sens de l'objectivité. La méthode peut conduire vers de nombreux biais. De même, il serait difficile de comparer plusieurs entreprises selon cette méthode.

Pour les techniques d'étalonnage, il s'agit de mesurer la performance d'une organisation selon un point de référence cible (*benchmark*) à partir duquel les mesures de performance sont établies. La sélection du point de référence est critique. Dans le même ordre d'idée que la méthode des fiches d'évaluation, un point de référence adéquat doit tenir compte des objectifs de l'entreprise et doit être réalisable selon l'environnement dans lequel évolue l'entreprise.

Un bon point de référence doit être dépourvu de toute ambiguïté, doit être spécifié à l'avance et les objectifs à poursuivre pour l'atteindre doivent être réalisables. Il doit se baser entièrement sur les variables contrôlables par les acteurs et, par conséquent, il doit être dépouillé des variables indépendantes telles les conditions générales du marché. Quatre types de points de référence sont utilisés : les groupes de référence (*peer group*), les indices du milieu, les indices de valeur ou de croissance et les indices de satisfaction des clients.

Bien qu'il soit difficile de faire une évaluation juste du point de référence, les techniques d'étalonnage se révèlent utiles pour orienter les décisions des gestionnaires puisqu'elles permettent de définir les objectifs à atteindre.

L'évaluation de la performance, dans son ensemble, devient rapidement complexe et conséquemment, les gestionnaires et chercheurs doivent tenir compte de cet état de fait afin de choisir les outils appropriés pour l'évaluation de la performance. Contrairement aux deux méthodes d'évaluation proposées ici, le DEA n'a pas à élaborer aussi rigoureusement les liens entre la performance et la stratégie de l'entreprise. Comme nous le verrons dans la description des avantages du DEA, aucune relation ne doit être préalablement établie entre les objectifs à atteindre et la mesure de performance. Il s'agit d'une méthode non-paramétrique.

L'exemple suivant cherche à vérifier l'utilité des méthodes non-paramétriques, comparativement aux méthodes paramétriques, lorsque les interrelations d'un système deviennent de plus en plus complexes.

Les auteurs Lee et Menon (2000) ont fait une étude sur le lien entre les investissements en technologies de l'information et les résultats générés par ces investissements. Pour ce faire, des techniques paramétriques et non-paramétriques ont été utilisées pour l'analyse des données financières d'un hôpital sur une période de 18 ans.

En plus d'établir une corrélation entre les nouvelles technologies de l'information et la productivité, les auteurs ont décelé une différenciation évoluant dans le temps entre les méthodes paramétriques et non-paramétriques, c'est-à-dire que la corrélation des résultats entre les deux méthodes décroissait dans le temps et par période. L'étude avait révélé une division de la période d'observation (1976-1994) en trois périodes de transformation significative : les années 1970 à 1980 avec l'utilisation de grands systèmes centraux et l'automatisation de la production, les années 1980 et l'introduction des ordinateurs personnels et les années 1990 avec la diffusion croissante des nouvelles technologies. Également, cette division présente un parallèle avec les différentes périodes de marché et les périodes logistiques vues à la section 2.1.

Les résultats obtenus ont démontré une forte corrélation entre les méthodes paramétriques et non-paramétriques pour les années 1976 à 1982, une corrélation plus faible pour les années 1983 à 1990 et une corrélation négative après 1990. Les auteurs ajoutent que la corrélation négative ne doit pas être associée à des problèmes méthodologiques, mais peut être causée par les changements des technologies de la production. Ces changements ont affecté la nature et la courbe de la fonction production. La nature restrictive des méthodes paramétriques n'est également pas mise en cause.

Les auteurs concluent que les résultats obtenus sont causés par des facteurs influençant la productivité. Ils ont aussi conclu que les méthodes non-paramétriques (tel le DEA) obtiennent de meilleurs résultats d'évaluation lorsque le processus de production devient



plus complexe. La qualité des méthodes non-paramétriques réside dans le fait que les résultats se présentent sous un ensemble convexe et que les mesures et autres erreurs des données sont négligeables. Les techniques non-paramétriques ont un avantage sur les techniques paramétriques parce qu'aucune forme fonctionnelle n'est présumée entre la stratégie et les critères de performance, c'est-à-dire qu'il n'est pas nécessaire d'établir et de définir les liens entre les intrants et les extrants.

#### **2.4.2 Avantages et limites du DEA**

En accord avec les différents chercheurs sur le sujet, Avkiran (1999) expose les avantages et les limites du DEA.

##### **AVANTAGES**

- Aucune structure préalable n'est imposée quant au choix des données pour déterminer les unités efficientes.
- Le poids associé aux intrants et aux extrants est directement obtenu des résultats observés et donc ne nécessite pas une analyse à priori.
- De plus, il n'est pas nécessaire d'avoir les mêmes unités de mesure pour les différents intrants et extrants. Par contre, les unités de mesure doivent être identiques pour le même intrant ou le même extrant.
- Le DEA permet de distinguer au moins trois formes d'inefficience: l'inefficience technique, d'allocation (slack) et d'échelle.

- Il permet d'analyser les rendements d'échelle.
- Les résultats obtenus par le DEA sont faciles à interpréter puisqu'ils sont exprimés sous la forme d'un scalaire.
- Le DEA permet de vérifier l'inefficience d'une unité décisionnelle par rapport à plusieurs aspects.
- Finalement, le DEA procure l'information appropriée pour permettre de corriger l'inefficience d'une unité décisionnelle.

#### LIMITES

- Pour obtenir des résultats significatifs, le DEA requiert un nombre très grand d'unités décisionnelles. Plus il y a d'intrants et d'extrants à introduire dans le modèle, plus le nombre de DMU augmente (voir la règle à la section 3.3).
- Les unités jugées efficaces le sont par rapport aux unités analysées seulement. Le choix des intrants et des extrants peut omettre la présence de facteurs influents.
- Le DEA peut parfois conclure en plusieurs unités décisionnelles efficaces. Si le nombre d'unités décisionnelles est insuffisant, la discrimination est alors réduite.
- Le DEA n'est pas une technique simple. Elle nécessite la compréhension des techniques de modélisation et de programmation linéaire.
- Il peut exister plus d'une frontière efficace ce qui peut amener une certaine confusion dans l'interprétation des résultats.

### **3 MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE**

#### **3.1 PRÉSENTATION DU CONTEXTE : LES ÉLÉVATEURS**

##### **3.1.1 L'entreprise**

L'entreprise Les Élévateurs des Trois-Rivières est un élévateur de transfert licencié, situé sur le fleuve St-Laurent à mi-chemin entre Montréal et Québec. Il permet le chargement et le déchargement de différents modes de transport soit les camions, les wagons et les navires. L'entreprise est une PME employant 45 personnes et fait partie d'une organisation majeure spécialisée dans le transport maritime de marchandises en vrac, Upper Lakes Group inc.

À l'origine, Upper Lakes Group inc. exploitait des élévateurs à grains et s'occupait de la manutention du grain. En 1931, la société achetait son premier navire (Sarnian) pour répondre aux besoins croissants de ses élévateurs. Aujourd'hui, le courtage et la manutention du grain représentent toujours une part importante de ses activités.

En 1936, la société a construit un élévateur à Trois-Rivières afin de faciliter le déplacement de ses navires et diminuer les retards attribuables aux files d'attente qui se formaient avant l'ouverture de la voie maritime. Dans les années soixante, la taille de l'élévateur s'est considérablement accrue. En 1963, la construction de deux nouvelles aires d'entreposage tripla la capacité qui atteignit 160 000 tonnes métriques de grain.

En 1991, Les Élévateurs des Trois-Rivières, voulant diversifier ses fonctions, a obtenu un contrat de transbordement d'alumine et de coke calciné pour le compte de l'entreprise Alcoa Loralco située à Deschambault au Québec. Au-delà de 650 000 tonnes métriques y sont transférées chaque année. Cela vient s'ajouter aux produits traditionnellement entreposés, qui sont essentiellement des produits céréaliers tels le blé, le maïs, l'orge, l'avoine, le soya et autres produits dérivés.

La capacité d'entreposage est maintenant évaluée à 4 millions de boisseaux ou 110,000 tonnes métriques de grains, 78 000 tonnes d'alumine et 20 000 tonnes de coke calciné. Les Élévateurs transbordent environ 1 000 000 de tonnes métriques par année, partagées presque également entre les produits céréaliers et les autres commodités.

Pour l'année 2000, le volume des transactions s'est élevé à 2 127 682 tonnes métriques (tm) d'entrées et de sorties (1 063 841 tonnes métriques transbordées) avec une augmentation d'environ 5 % à partir de décembre 1999 jusqu'à décembre 2000 tous produits confondus. Pour l'alumine et le coke calciné, le volume des transactions a atteint 1 173 983 tonnes métriques avec une moyenne de 97 832 tonnes métriques par mois (écart-type de 16 572 tm / mois). Les produits céréaliers ont atteint un volume de transactions de 953 699 tonnes métriques, ce qui représente une moyenne de 79 475 tonnes métriques par mois (écart-type de 850 tm / mois).

### **3.1.2 Le marché**

Il s'agit d'une des rares installations ayant un bassin en eau profonde suffisant pour accueillir les navires à grande capacité du style Panamax. Doté d'un poste de mouillage de 37 pieds d'eau, il est possible d'accueillir les navires océaniques qui quittent le réseau de la voie maritime avec la charge maximale autorisée pour les plus grands tirants d'eau, ce qui n'est pas possible pour les installations du sud-ouest. Il est également possible d'avoir recours aux services des Élévateurs des Trois-Rivières pour effectuer un transfert de cargaison des grands navires aux vraquiers ayant les dimensions maximales permises dans les écluses de la voie maritime.

Ainsi, les Élévateurs de Trois-Rivières peuvent recevoir des produits de vrac sec par des navires océaniques, des vraquiers des Grands Lacs, des trains (en provenance surtout de l'ouest Canadien), ou des camions (pour le marché local ou en provenance des États-Unis). L'entreprise sert d'intermédiaire pour l'importation, en filiation avec de nombreux pays, et l'exportation des produits nord-américains. Elle sert également d'installation de distribution des céréales fourragères sur le marché québécois local. De même, elle reçoit par camion du grain local destiné à l'exportation. Son marché est à la fois local, national (avec pour principal client la Commission canadienne du blé) et international.

Depuis le début des années 1980, les demandes du marché ont diminué en volume mais augmenté en nombre de demandes variées. La manipulation des différents produits entraîne une gestion plus soutenue puisque les produits utilisent plusieurs équipements en commun. L'incompatibilité des produits entraîne des temps de mise en route plus longs causés par des nettoyages importants entre les changements de types de produits. La réception, le conditionnement et l'expédition de certains types de produits peuvent entraîner des retards et nuirent aux activités requises pour d'autres produits. Il est difficile d'évaluer quelles combinaisons d'activités sont satisfaisantes et quelles combinaisons sont non-souhaitables et à éviter.

### **3.1.3 Les opérations et la gestion logistique**

Tous les types de produits se présentent sous forme de vrac sec. Les principales activités consistent en une gestion logistique des flux des produits et des flux d'information. L'entreprise offre les services de gestion logistique en amont et en aval. Elle offre le service de conditionnement des stocks assurant la préservation de la qualité des produits transbordés et le respect des normes environnementales en ce qui concerne l'émission de poussières.

Les réceptions, les aires d'entreposage et les expéditions sont schématisées à la figure 10.

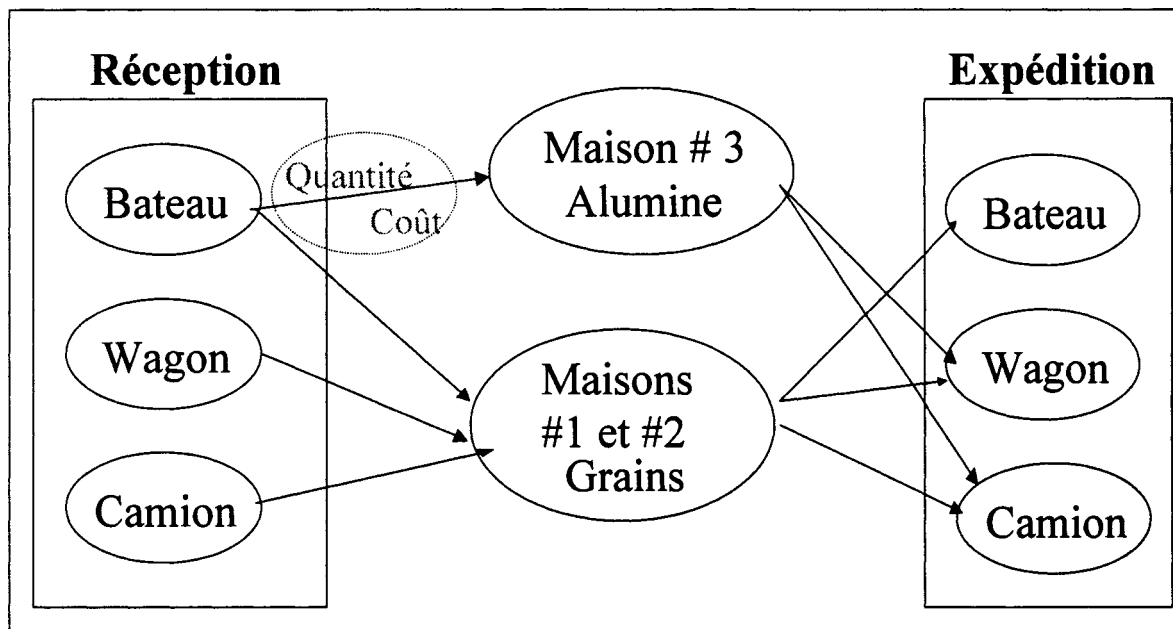


Figure 10. Schéma des liens entre les modes de transport et les aires d'entreposage.

Les trois aires d'entreposage distinctes sont nommées maisons 1, 2, et 3. Chacune rassemble environ 90 espaces d'entreposage incluant des silos et des espaces créés entre les silos (appelé « star » dû à la forme d'une étoile qui se dessine lorsque cet espace se crée au centre de quatre silos rassemblés) (voir Annexe B).

Les maisons #1 et #2 sont reliées et entreposent les produits céréaliers qui sont reçus et expédiés par trois modes de transport : maritime, ferroviaire et routier. Il est possible de déplacer les produits d'un silo à un autre par l'intermédiaire d'élévateurs et de systèmes de courroies. Plusieurs circuits existent. Il faut vérifier lequel est le plus adéquat étant

donné les emplacements d'origine et de destination, la disponibilité des équipements et de la main-d'oeuvre, les temps d'opération et les coûts (voir Annexe C).

La maison #3 est isolée des deux autres. Les transferts s'effectuent également par systèmes de courroies auxquels s'ajoute un système de soufflerie pour faciliter les déplacements. À l'intérieur de la maison, les transferts d'alumine et de coke calciné empruntent deux circuits différents qui leur sont dédiés. Une autre aire d'entreposage est venue s'ajouter à la maison #3 pour offrir une capacité plus élevée d'entreposage d'alumine. Appartenant à l'entreprise Alcoa, cet espace n'est pas représenté sur la figure 10. Étant approvisionné par l'intermédiaire de la maison #3, il sera ici considéré comme faisant partie de la maison #3.

Les produits transitant par la maison #3 sont reçus exclusivement par voie maritime et sont expédiés exclusivement par voie terrestre; habituellement par train et exceptionnellement par camion.

Les chargements et les déchargements de navires ou de vraquiers s'effectuent aux abords de deux quais différents. Les installations et les équipements requis sont spécifiques aux activités de chaque quai. Les produits reçus ou expédiés passent par des galeries pour atteindre les maisons.



Sur le quai de déchargement, deux tours marines munies d'un bras mécanique et d'élévateurs à godets sont disponibles pour effectuer les déchargements. Les cadences de déchargement pour les navires peuvent atteindre jusqu'à 2 000 tonnes métriques par heure en utilisant les deux tours. Les produits sont dirigés vers les galeries et, par la suite, vers les maisons où ils peuvent être directement entreposés. Cependant, environ 50 % seulement des espaces d'entreposage sont directement accessibles pour les maisons #1 et #2 (100 % pour la maison #3). Pour utiliser l'espace inaccessible directement, il faut procéder à un transfert additionnel d'un silo accessible à un autre.

Pour les chargements des navires, la même contrainte s'impose. Environ 60% des espaces d'entreposage des maisons #1 et #2 offre un accès direct. De plus, les circuits utilisés n'offrent pas la même cadence de chargement. La rapidité d'expédition est déterminante pour la productivité de l'entreprise. En fait, un navire retenu à quai durant une période prolongée encoure des risques de pénalités « surestaries » importantes. Inversement, la rapidité significative des opérations est habituellement associée à des primes monétaires de libération hâtive du navire. Afin de limiter les coûts de « surestaries », il est parfois préférable de procéder à un transfert des produits en des endroits directement accessibles pour ainsi diminuer la durée totale de chargement. La cadence moyenne de chargement est de 2150 tonnes métriques par heure. Aucun chargement de navire ne s'effectue à partir de la maison #3

Pour les réceptions par wagons et par camions des produits céréaliers, environ 80 % des espaces d'entreposage sont accessibles directement dans les maisons #1 et #2. La cadence de déchargement est d'environ 500 tonnes métriques par heure pour les wagons à deux trémies et augmente à 600 tonnes métriques par heure pour des camions à trois trémies. Le déchargement s'effectue principalement à l'entrée de la maison #1. Il est possible de recevoir des camions directement à l'entrée de la maison #2 bien que la capacité de réception y soit restreinte. Il n'y a pas de réception des produits d'alumine par wagon ou camion.

Le chargement des wagons de grains s'effectue au même endroit que le déchargement. Ainsi, une seule voie de chemin de fer est nécessaire. Les contraintes d'accès direct sont les mêmes que celles du déchargement. La cadence est d'environ 200 tonnes métriques par heure.

Le chargement des camions de grains peut s'effectuer au même endroit que les wagons, si nécessaire. La majorité des chargements s'effectue à la sortie de la maison #2 où l'on retrouve des installations facilitant les opérations c'est-à-dire des équipements à débit contrôlé, une passerelle et une balance. La cadence atteint 500 tonnes métriques par heure.

Les chargements par wagons et par camions des produits de l'alumine se font à l'entrée de la maison #3, et sont totalement indépendants des activités de chargement des

produits céréaliers. Les cadences de chargement sont d'environ 270 tonnes métriques par heure.

Des contrôles de qualité des produits doivent être effectués à la réception et parfois à l'expédition des produits. Des installations spécifiques pour ce genre de tests se retrouvent près de la majorité des aires de chargement et de déchargement. Ces tests peuvent ralentir les opérations et font appel à une gestion logistique adéquate. De plus, les transferts peuvent jouer un rôle important dans la préservation de la qualité de certains produits. Par exemple; la ventilation régulière des stocks de blé contribue à maintenir la qualité. Inversement, ils peuvent contribuer à la dégradation d'un produit lorsque celui-ci est soumis à un nombre élevé de transferts. Par exemple; la cassure du grain de maïs, lorsque trop importante, contribue au déclassement de grade devant respecter une norme. L'échantillonnage se fait à l'aide d'échantillonneurs automatiques approuvés par la Commission canadienne des grains (CCG) et le Département de l'agriculture des États-Unis (USDA). Le classement des grains exige une inspection sur les lieux.

Le contrôle des poussières rejetées dans l'air se fait à l'aide de systèmes intégrés d'aspiration. Ces équipements sont énergivores et doivent être utilisés avec parcimonie.

### **3.1.4 L'évaluation de la performance**

Le processus logistique, offrant plusieurs possibilités de combinaisons d'activités selon les demandes, est complexe et requiert un système de gestion logistique sophistiqué. L'efficacité du processus logistique peut s'évaluer par différentes méthodes. Les méthodes actuelles relèvent d'une évaluation qualitative des données relatives au marché et d'une part d'intuition. Certaines méthodes quantitatives sont utilisées périodiquement comme par exemple des analyses de coûts des activités et l'entreprise exige une vérification quotidienne du respect des budgets. L'orientation stratégique de l'entreprise est de réduire les dépenses liées aux activités de la chaîne logistique. Une évaluation approfondie des résultats provenant des différentes combinaisons des activités et leur influence sur l'efficacité générale est souhaitable et très recherchée par l'organisation. À ce jour, aucun outil n'a pleinement répondu en ce sens aux attentes de l'entreprise.

## **3.2 CUEILLETTE DES INFORMATIONS**

Après vérification auprès du directeur général de l'entreprise et sous la proposition du directeur de cette recherche, il a été convenu d'effectuer une étude chronologique de la performance logistique par DEA. L'étude allait répondre en partie à la problématique citée précédemment : comment évaluer la performance logistique des PME ? Plus précisément, l'étude soutiendra la deuxième partie de l'énoncé de la problématique, soit : l'évaluation chronologique de la performance des activités logistiques d'une PME: établir une frontière efficiente à l'aide du DEA.

### **3.2.1 Étude chronologique**

L'étude chronologique compare les différents résultats dans le temps. Cette façon de faire est très peu décrite dans la littérature. Certains auteurs ont abordé cette problématique en comparant plusieurs DMU à des périodes successives. La particularité pourrait se comparer à l'étude d'une seule DMU dans le temps. Il faut alors adapter le problème et attribuer le concept du temps à la nature de l'unité décisionnelle. Ici, un mois étant considéré comme une DMU.

Tel que présenté à la section 2.3, Kleinsorge et al. (1991) ont aussi effectué une étude qui comparait plusieurs mois d'activités. Ils proposent une procédure en cinq étapes pour effectuer une étude chronologique à l'aide du DEA. Voici une présentation sommaire de ces étapes (Tableau 11).

Tableau 11 : Procédure pour étude chronologique

<b>Cinq étapes</b>	
1.	Sélection du nombre de mois à analyser (DMU)
2.	Sélection des ressources (intrants) et des facteurs de productivité (extrants)
3.	Collecte des données significatives
4.	Application du DEA et développement de programmes spécifiques
5.	Analyse des résultats

*Tiré de Kleinsorge, Scharry et Tanner, (1991)*

Pour la première étape, il faut définir l'intervalle de temps et le nombre de périodes à étudier et s'assurer que les procédures de prélèvement des données soient respecter rigoureusement. Ensuite, la sélection des intrants et des extrants doit permettre de répondre aux objectifs de recherche par un choix approprié des indicateurs. La sélection des critères doit tenir compte de deux prémisses. Tout d'abord les critères doivent être pertinents, c'est-à-dire qu'ils doivent avoir une corrélation suffisamment significative avec les objectifs recherchés, ensuite il faut tenir compte de la disponibilité des données pour les variables retenues. À la troisième étape, il faut prévoir des méthodes de collecte de données systématiques afin d'obtenir un historique complet des variables retenues. Pour l'application du DEA et le développement de programmes spécifiques, il existe plusieurs logiciels disponibles et il est possible d'utiliser un logiciel standard de programmation linéaire. La dernière étape consiste en l'analyse des résultats. Ici, il sera

plus facile d'interpréter les résultats si les variables retenues à l'étape 2 sont effectivement en lien avec la performance.

### **3.2.2 Les données**

L'échantillon est composé de 25 mois d'activités. La collecte des données se fait à partir de l'historique de l'entreprise. Selon Emory et Cooper (1991), les données secondaires sont celles recueillies par d'autres personnes indépendantes de l'étude et pour d'autres propos. L'avantage des données secondaires est qu'elles sont généralement facilement identifiables et qu'elles sont moins coûteuses. Pour ce projet, les données secondaires sont suffisantes puisqu'il s'agit essentiellement de mieux connaître le DEA. Les données ont été recueillies de janvier 1999 à janvier 2001.

Pour répondre aux besoins de l'étude, les données retenues pour chaque mois sont : les volumes reçus pour l'ensemble des produits céréaliers, les volumes reçus pour les produits d'alumine (incluant le coke calciné), les volumes expédiés pour les produits céréaliers, les volumes expédiés pour les produits de l'alumine, le total des coûts d'énergie et des pièces de rechange ainsi que le total des dépenses en salaires, incluant les salaires des opérateurs, des mécaniciens, des électriciens et du personnel de soutien. Les explications concernant le choix des intrants et le choix des extrants seront présentées aux sections 3.3.1 et 3.3.2.

### **3.3 CADRE D'ANALYSE**

Les études sur le DEA et la logistique, exposées à la section 2.3, ont plusieurs points en commun. Premièrement, elles reconnaissent, de façon implicite ou explicite, que le processus logistique est composé de plusieurs sous-systèmes (achat, production, distribution, maintenance, etc.). Deuxièmement, elles utilisent un modèle orienté intrant à l'exception d'une seule étude. Troisièmement, pour la plupart, elles ne traitent que des rendements d'échelles constants. Seuls les articles de Kleinsorge et al. (1989, 1991 et 1992) vérifiaient les rendements d'échelles variables en les comparant aux rendements d'échelle constants. Seule l'étude de 1989 a démontré la validité des rendements d'échelles variables. Il faut rappeler que cette étude avait pour but d'identifier l'efficacité de différentes options de distribution. Le dernier aspect commun aux précédentes études sur le DEA est qu'aucune ne proposait de cadre spécifique d'analyse pour l'évaluation de la performance d'un processus logistique.

Cette étude propose d'utiliser un cadre d'analyse global et un modèle spécifique pour permettre, en plus de mesurer la performance logistique globale, de vérifier la performance individuelle des sous-groupes d'activités logistiques. La figure 11 présente le cadre d'analyse général.



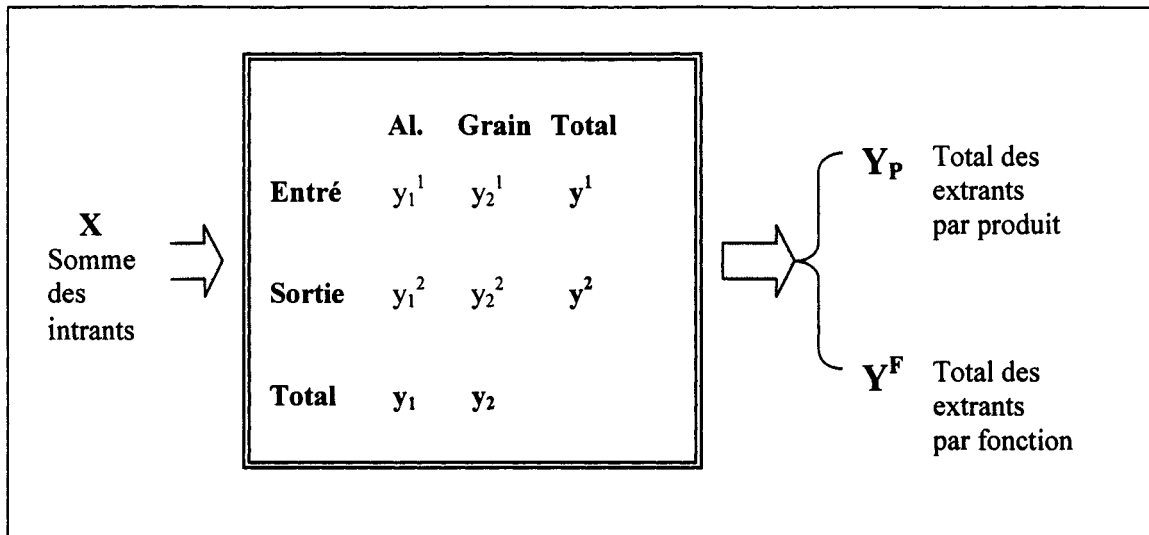


Figure 11 Cadre d'analyse général

Ici, l'analyse par fenêtres proposée par Charnes et al. (1985) sera utilisée. Le cadre d'analyse général pour le cas des Élévateurs des Trois-Rivières se base sur des fenêtres de 12 mois. Pour chaque nouvelle fenêtre, un nouveau mois s'ajoute et le mois le plus ancien est retranché. Ainsi, la première fenêtre est constituée des 12 premiers mois de l'année 1999, la deuxième est constituée des mois 2 à 13 (février 1999 à janvier 2000), et ainsi de suite, jusqu'à la dernière fenêtre qui regroupe les mois 14 à 25 (février 2000 à janvier 2001).

Au total, 14 fenêtres seront analysées. À l'intérieur de chaque fenêtre, chaque période (mois) est considérée comme étant une DMU différente. Chacune d'elles est comparée aux onze autres DMU appartenant à la même fenêtre. En théorie, il est possible de concevoir des fenêtres ayant deux variables (DMU) ou plus. Ici, le choix de 12 périodes

a été favorisé pour deux raisons. Premièrement, ce choix permet la comparaison de la performance des activités logistiques d'une période par rapport à une année complète d'activité. Deuxièmement, le nombre 12 respecte un nombre minimal de DMU à considérer puisque l'analyse utilise deux intrants et deux extrants. Ce nombre minimal se calcule selon une règle approximative (Cooper et al., 2000) indiquant qu'il faut utiliser un nombre plus grand ou égal au plus grand des nombres suivant: trois fois la somme des intrants et des extrants ou le produit du nombre d'intrants par les extrants. En respectant cette règle, il faut ici utiliser au moins six DMU, c'est-à-dire le nombre le plus élevé entre six ( $3 * 2$  intrants) ou quatre ( $2$  intrants  $* 2$  extrants).

L'interprétation des différentes variables du cadre général permet d'identifier quelques éléments de la chaîne d'approvisionnement. Les entrées représentent l'ensemble des activités liées à la fonction entreposage, et les sorties représentent l'ensemble des activités liées à la fonction distribution. La performance de ces fonctions sera établie en tenant compte du type d'opération par produit. Les produits de l'alumine sont représentés par l'abréviation « al. » et les produits céréaliers sont représentés par le mot « grain ». Pour bien identifier les variables, les groupes de variables et les liens à analyser, un modèle spécifique a été élaboré et sera décrit à la section 3.4. Tout d'abord, une discussion du choix des intrants et du choix des extrants est exposée.

### **3.3.1 Choix des intrants**

Tel que mentionné précédemment, le concept de DMU utilise une caractéristique identifiable autour de laquelle des données peuvent être collectées. Ces données doivent bien représenter ce que l'on veut mesurer, ce qui constitue un défi important. Le succès du DEA dépend de la sélection des variables. Elles doivent être de bonnes contributrices à la performance et de bonnes sources de différenciation. Les critères retenus doivent converger vers les résultats attendus (Kleinsorge et al., 1991).

Au tableau 4, de la section 2.1.4.5, étaient présentés les principaux indicateurs de la performance logistique par catégorie (indicateurs financiers par produit, organisation ou comportement) proposés par Guilhon et Halley (1997). Pour cette étude, les indicateurs retenus appartiennent principalement à la catégorie des indicateurs financiers qui sont : ventes et chiffre d'affaires, coûts de distribution, taux de rotation des stocks, marges, domaines d'investissement, coûts d'achat et d'approvisionnement, coûts d'entreposage et coûts de transport et de livraison. Il est important de rappeler que ces critères avaient été ciblés pour répondre spécifiquement au besoin d'évaluation des PME.

Pour cette étude, les intrants et les extrants retenus font référence aux coûts des opérations (approvisionnement, entreposage, transport et livraison) et aux quantités transférées, respectivement. À ce moment, il est nécessaire de justifier le choix des

critères, et de définir les liens existants entre les opérations de l'entreprise et les critères retenus.

La manipulation des grains et de l'alumine utilise des mécanismes d'entrées et de sorties différents. Aussi, les aires d'entreposage sont bien distinctes. Comme mentionné précédemment, quelques équipements servent à la manipulation des deux types de produits. Dans ce cas, un nettoyage en profondeur est requis avant chaque changement de type de produit. Les coûts de nettoyage seront imputés aux activités ayant incité le besoin de nettoyage. En ce qui concerne les coûts généraux engendrés par les activités impliquant des produits céréaliers, les dépenses en main-d'œuvre seront généralement plus importantes que les dépenses en consommation d'énergie, puis viennent ensuite les coûts d'entretien. Pour la réception et l'expédition de l'alumine, les dépenses en énergie seront généralement plus élevées que les dépenses en salaires. Les opérations reliées à ce secteur d'activités offrent un plus haut niveau d'automatisation.

Étant donné les différences marquées des besoins en ressources pour la manipulation des deux différents types de produits, Les Élévateurs des Trois-Rivières se sont dotés d'une convention collective permettant une grande flexibilité pour le rappel et la mise à pied des employés. Chaque semaine, une nouvelle planification des effectifs est proposée. Ceci facilite grandement la planification des ressources en main-d'œuvre selon le calendrier des activités prévues. Ainsi, l'entreprise peut faire appel à une plus grande équipe de travailleurs lorsque les activités sont majoritairement requises pour la manipulation de grains. De même, elle peut effectuer des mises à pied si les activités

prévues se concentrent sur la manipulation des produits de l'alumine. Par contre, il arrive très fréquemment que le calendrier soit modifié. Si les modifications se font trop tardivement, l'entreprise sera contrainte de respecter la planification des ressources préalablement convenue. De grands écarts entre les besoins réels et les besoins prévus en main-d'œuvre influencent grandement la performance logistique et globale de cette entreprise.

Pour leur part, les coûts d'énergie s'élèvent évidemment avec l'utilisation des équipements tels les convoyeurs, les élévateurs, les distributeurs et les équipements de contrôle de température et d'humidité. Une utilisation inadéquate influence les coûts d'énergie à la hausse. Par exemple, un équipement laissé en fonction inutilement ou une mise en route trop expéditive des équipements entraîneront une surcharge de demande en énergie et viendront augmenter le coût de la facture. Une bonne gestion de l'énergie est souhaitable pour l'atteinte d'une bonne performance.

Les coûts d'entretien comprennent les coûts de réparation des équipements, les coûts de nettoyage et d'entretien. Ils sont relativement proportionnels à l'utilisation des équipements et des entrepôts, que ce soit pour la manipulation des grains ou celle des produits de l'alumine.

Il est difficile de comprendre l'influence des entrées et des sorties sur l'ensemble des coûts selon les procédés utilisés. Il est surtout difficile d'identifier des combinaisons

d'activités favorables. Cependant, les gestionnaires reconnaissent que certaines combinaisons sont plus efficaces que d'autres sans pouvoir confirmer lesquelles. En vérifiant les coûts et les mouvements effectués pour plusieurs mois d'activités, il sera possible d'identifier les mois efficaces. En persistant dans l'analyse, il serait possible d'identifier certaines combinaisons d'activités qui se sont révélées favorables et ont mené vers un résultat d'efficacité. Il faudrait alors simplement retracer les combinaisons d'activités associées aux mois efficaces et vérifier l'état de l'utilisation des ressources pour cette période.

Avant tout, il faut identifier les périodes efficaces à l'aide du modèle retenu. Pour ce faire, le choix de deux intrants s'est révélé suffisant. Les intrants sont essentiellement les coûts reliés aux activités logistiques de l'entreprise, séparés de façon à représenter les différents coûts par types de produit. Ainsi, le premier intrant est le total des coûts d'opération par mois, excluant les salaires et incluant les coûts d'entretien des équipements et les coûts d'énergie. Le deuxième intrant est le coût des salaires versés par mois incluant les salaires des opérateurs et les salaires des employés de soutien tels les gestionnaires, les professionnels et l'administration. Ces intrants intègrent l'ensemble des coûts et cette division tient compte des différentes combinaisons d'activités selon le type de produit manipulé, les produits céréaliers ou les produits de l'alumine.

Le détail des coûts par période est présenté au tableau 12. Pour l'année 2000, le total des coûts d'opérations étaient de 963 643 \$ (moyenne de 80 304\$ / mois avec un écart-type

de 14 615\$) et le total des salaires était de 1 742 938 \$ (moyenne de 145 245 \$/mois avec un écart-type de 11 341 \$/mois). Tous les coûts sont exprimés en dollars canadiens et sont ramenés en valeur constante de janvier 2001.

### **3.3.2 Choix des extrants**

L'influence des quantités reçues ou expédiées, pour un type de produit ou un autre, sera considérée par l'intermédiaire des extrants. Ces derniers sont le nombre de tonnes métriques manipulées par fonction; c'est-à-dire par réception ou par expédition, ou par produit; c'est-à-dire le grain ou l'alumine. Le tableau 12 présente les quantités reçues et expédiées par produit pour les mois de janvier 1999 à janvier 2001. Quelques statistiques pour l'année 2000 ont été présentées lors de la description de l'entreprise à la section 3.1.

Tableau 12 : Produits de l'alumine et du grain : quantités reçues et expédiées et coûts des opérations de janvier 1999 à janvier 2001

	Intrants		Extrants			
	Coûts Opérations	Coûts Salaires	Alumine reçue	Alumine expédiée	Grain reçu	Grain expédié
Jan.-99	76 743	126 259	38 000	44 945	15 956	34 118
Fev.-99	70 293	130 592	71 691	53 834	17 833	37 428
Mars-99	95 303	143 859	99 908	62 764	37 372	5 921
Avril-99	57 135	135 498	0	52 609	36 511	30 254
Mai-99	61 648	140 950	67 499	46 445	44 614	79 439
Juin-99	74 971	129 719	30 250	46 574	48 239	13 761
Juil.-99	62 550	148 807	32 899	44 643	30 384	32 719
Août.-99	123 924	154 205	93 240	47 746	22 895	33 475
Sept.-99	84 049	130 967	0	39 384	47 433	29 781
Oct.-99	81 920	155 340	47 646	38 721	35 109	34 197
Nov.-99	92 371	154 042	57 958	48 170	50 964	66 647
Déc.-99	115 452	140 681	55 874	53 807	38 215	49 372
Jan.-00	70 973	140 291	48 106	50 802	19 091	14 615
Fev.-00	87 349	148 935	68 400	45 387	24 688	16 303
Mars-00	82 214	174 743	51 288	60 501	36 919	77 126
Avril-00	57 429	152 512	53 300	53 955	41 325	18 216
Mai-00	81 447	139 811	14 200	52 045	53 028	79 186
Juin-00	64 306	134 713	65 604	46 810	65 567	41 263
Juil.-00	85 851	118 205	48 696	47 970	47 285	37 584
Août.-00	95 585	135 463	15 000	48 688	35 952	45 598
Sept.-00	79 223	132 059	50 050	45 560	11 649	26 463
Oct.-00	97 313	164 405	49 512	46 774	48 601	40 620
Nov.-00	75 190	147 029	65 602	51 218	46 951	33 808
Déc.-00	86 763	154 770	49 353	45 162	32 616	59 245
Jan.-01	67 397	161 699	48 850	55 849	38 172	13 893

Pour effectuer une analyse globale et d'une analyse par décomposition, il faut utiliser les extrants individuellement et en groupe. Les extrants sont donc divisés en trois catégories : par produit, par fonction et combiné (Tableau 13). Ils sont identifiés à l'aide de la notation  $y_r^k$  qui représente un vecteur des quantités manipulées (pour les n DMU). La lettre « k » est associée à la fonction : si  $k = 1$ , il s'agit d'une réception et si  $k = 2$ , il



s'agit d'une expédition. La lettre « r » réfère au produit : si  $r = 1$ , il s'agit des produits céréaliers (grain), et si  $r = 2$ , il s'agit des produits de l'alumine.

Tableau 13 : Catégories d'extrants

<b>Extrants spécifiques</b>	
$y_1^1$ :	vecteur réception grain
$y_2^1$ :	vecteur réception alumine
$y_1^2$ :	vecteur expédition grain
$y_2^2$ :	vecteur expédition alumine
<b>Extrants par produit ou par fonction</b>	
Sous-groupe divisé par produit	
$Y_1 = (y_1^1, y_1^2)^T$ :	réception et expédition grain
$Y_2 = (y_2^1, y_2^2)^T$ :	réception et expédition alumine
Sous-groupe divisé par fonction	
$Y^1 = (y_1^1, y_2^1)^T$ :	réception et expédition grain
$Y^2 = (y_1^2, y_2^2)^T$ :	réception et expédition alumine
<b>Extrants globaux</b>	
$Y_P = (y_1^1 + y_2^1, y_1^2 + y_2^2)^T$ :	Produits combinés
$Y^F = (y_1^1 + y_1^2, y_2^1 + y_2^2)^T$ :	Fonctions combinées
$Y = (y_1^1 + y_1^2 + y_2^1 + y_2^2)^T$ :	Produits et fonctions combinés

Les extrants jumelés par produit ou par fonction regroupent les quantités manipulées selon la nature du produit (alumine ou grain) ou selon le type de manipulation (entrée, sortie). Les extrants combinés regroupent les vecteurs pour mesurer la performance

globale. Les résultats des mois « T » sont comparés selon l'ensemble des activités « Y » pour chaque mois. Pour  $Y_p$ , il s'agit de mesurer l'efficacité par produit étant donné la combinaison des produits par fonction. Pour  $Y^F$ , il s'agit de vérifier l'efficacité par fonction étant donné la combinaison des fonctions (entrées et sorties) par produit.

Avec le partage en sous-groupes, un total de 11 extraits sera utilisé pour l'analyse : 4 extraits spécifiques selon la première catégorie, 4 extraits jumelés par produit ou fonction selon la deuxième catégorie et 3 extraits globaux selon la dernière catégorie.

Les revenus générés par l'entreprise auraient également pu être considérés pour le choix des extraits. Cependant, il est compréhensible que l'entreprise n'ait pas voulu fournir ces renseignements puisqu'il s'agit de données stratégiques. Néanmoins, l'utilisation des quantités entrées et sorties (extraits) est significative et pourrait, à la rigueur, contribuer à l'établissement des prix de vente selon les capacités effectives de l'entreprise.

### **3.4 MODÉLISATION : MODÈLE SPÉCIFIQUE UTILISÉ**

À partir du cadre d'analyse général, un cadre d'analyse spécifique a été élaboré (Figure 12). Les intrants, les extraits individuels et les extraits en groupe sont représentés. Cette disposition facilite une évaluation en détail de l'efficacité partielle des composantes de la chaîne logistique, ce qui constitue une problématique souvent relevée par les chercheurs. Cette difficulté provient de l'interdépendance complexe des

différents facteurs qui, dans certains cas, rend impossible la détermination et l'équilibre de l'efficiences partielle des facteurs spécifiques ou des sous-groupes (Roll et Cook, 1993). Le modèle spécifique intègre plusieurs composantes de la chaîne logistique et permet ainsi l'évaluation de plusieurs éléments ce qui se compare à une analyse à objectifs multiples (Sabri et Beamon, 2000). L'objectif poursuivi par ces auteurs était de développer un modèle facilitant la planification simultanée des niveaux opérationnel et stratégique d'une chaîne d'approvisionnement. Ils supportent l'idée selon laquelle la chaîne d'approvisionnement doit être représentée dans un modèle à plusieurs niveaux pour atteindre les objectifs d'analyse, à la fois partielle et globale, de la chaîne.

Le premier vecteur  $x_1$  du modèle DEA représente le coût total des opérations:

$$x_1 = (76\,743, 70\,293, \dots, 115452)$$

Les valeurs des coûts des salaires pour les périodes 1 à 12 sont exprimées par le vecteur  $x_2$  toujours pour la première fenêtre (F1/12).

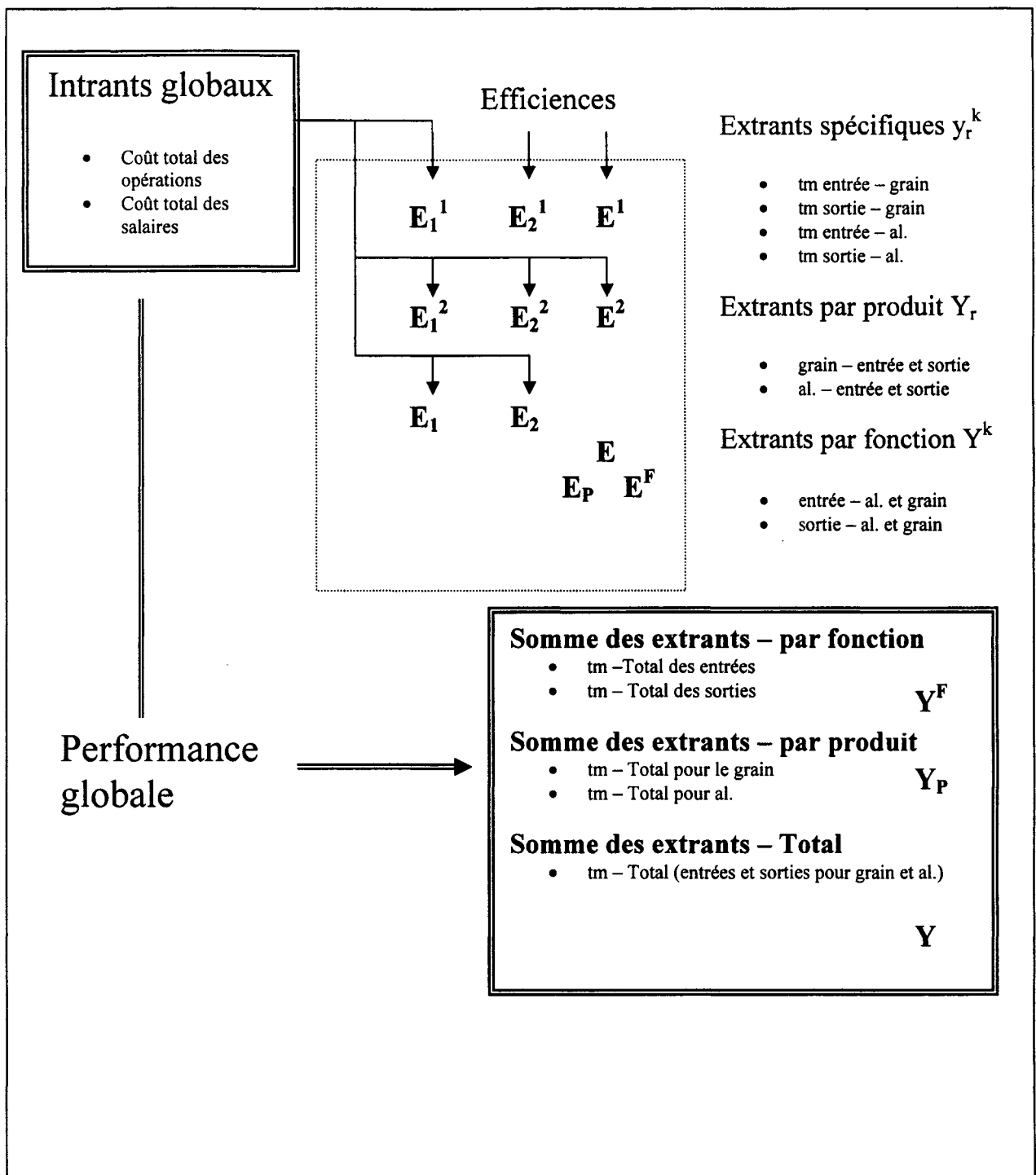


Figure 12 Cadre d'analyse spécifique

Au centre de la figure 12 se retrouvent les différentes formes d'efficacités ( $E_r^k$ ,  $E_r$ ,  $E^k$ ,  $E^F$ ,  $E_p$ ,  $E$ ). Chacune d'elles dépend de l'extrant utilisé. En fait, les extrants déterminent l'axe d'analyse (modèle orienté extrant). Lorsque l'on résout les programmes du DEA, chaque résolution utilise à la fois les deux intrants et un extrant parmi les onze, ce qui résulte en une mesure de l'efficacité ( $E$ ) associée à l'extrant utilisé. Ainsi, l'utilisation d'un extrant spécifique  $Y_r^k$  permet de déterminer l'efficacité spécifique  $E_r^k$ , l'utilisation d'un extrant jumelé  $Y_r$  ou  $Y^k$  permet de déterminer l'efficacité jumelé  $E_r$  ou  $E^k$  et l'utilisation de la somme des extrants par fonction  $Y^F$ , par produit  $Y_p$  ou total  $Y$ , permet de déterminer l'efficacité par fonction  $E^F$ , par produit  $E_p$  ou totale  $E$ .

Les extrants, représentés par des vecteurs, seront utilisés pour résoudre le problème. Par exemple, le vecteur  $y_1^1$  (quantité entrée grain), pour la première fenêtre (F 1/12), représente les valeurs des réceptions totales de grains pour chaque mois (Tableau 12):

$$y_1^1 = (15\ 956, 17\ 833, \dots, 38\ 215)$$

À partir des extrants et des 12 DMU (mois) pour chacune des 14 fenêtres, un total de 1 848 problèmes ( $11 \text{ extrants} * 12 \text{ DMU} * 14 \text{ fenêtres}$ ) ont dû être résolus par DEA. Le modèle de DEA retenu pour l'analyse est le modèle avec rendements d'échelle variables (BCC).

## **4 ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS**

Pour les résultats obtenus d'une analyse par DEA et par fenêtre, une représentation classique expose tous les résultats obtenus pour chaque DMU et toutes les fenêtres auxquelles les DMU appartiennent. Puisqu'il y a 11 extrants, 11 tableaux sont nécessaires pour contenir tous les résultats. Il serait fastidieux de tenter d'analyser et d'interpréter tous les résultats en utilisant les 11 tableaux. À la section suivante, les résultats sont présentés de façon à faciliter l'analyse et l'interprétation. La structure de la présentation proposée s'harmonise avec le cadre d'analyse spécifique.

### **4.1 RÉSULTATS**

Le tableau 14 présente les résultats obtenus pour l'analyse de la performance globale en utilisant la somme de tous les extrants. Il s'agit du dernier groupe d'extrants du cadre spécifique.

Le choix de présenter le tableau (14) de l'ensemble des extrants combinés se fait naturellement en présumant qu'il sera possible d'en tirer rapidement quelques pistes de recherche. Dans un premier temps, il serait possible de cibler les résultats parfaits (=1) et de poursuivre l'analyse seulement pour ces premiers résultats. L'idée étant de déterminer les DMU parfaitement efficaces qui pourraient éventuellement servir de groupe de référence.

Tableau 14 : Résultats d'efficience pour l'ensemble des réceptions et des expéditions,  
tous produits confondus

Périodes	Fenêtres													
	1/12	2/13	3/14	4/15	5/16	6/17	7/18	8/19	9/20	10/21	11/22	12/23	13/24	14/25
1	1.0000													
2	1.0000	1.0000												
3	0.9395	0.9395	0.9546											
4	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000										
5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000									
6	0.9853	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000								
7	0.9264	0.9264	0.9264	0.9264	0.9677	0.9872	0.9693							
8	0.8663	0.8663	0.8842	0.8842	0.8842	0.9054	0.8684	0.8115						
9	0.9641	0.9905	0.9905	0.9905	0.9905	0.9905	1.0000	0.9417	0.9417					
10	0.8411	0.8435	0.8542	0.8542	0.8597	0.8800	0.8597	0.8436	0.8436	0.8436				
11	0.8983	0.8983	0.9045	0.9045	0.9045	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000			
12	0.9495	0.9495	0.9691	0.9691	0.9691	0.9924	0.9519	0.8892	0.8892	0.8892	0.8892	0.8892		
13		0.9403	0.9441	0.9441	0.9640	0.9769	0.9555	0.9451	0.9451	0.9451	0.9451	0.9451	0.9451	
14			0.8831	0.8831	0.8831	0.8891	0.8887	0.8523	0.8523	0.8523	0.8523	0.8523	0.8523	0.8523
15				0.7987	0.7987	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
16					1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
17						1.0000	0.9581	0.9098	0.9098	0.9098	0.9098	0.9098	0.9098	0.9098
18							1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
19								1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20									0.8816	0.8816	0.8816	0.8816	0.8816	0.8816
21										0.9545	0.9545	0.9545	0.9545	0.9545
22											0.7699	0.7699	0.7699	0.7699
23												0.8991	0.8991	0.8991
24													0.8316	0.8316
25														0.8959

Afin de faciliter la comparaison d'une DMU par rapport aux autres DMU appartenant à la même fenêtre et par rapport aux 11 extrants, une table montrant à la fois les efficience spécifiques, orientées et globales est utilisée (table SOGE, *specific oriented and global efficiencies*). Le tableau 15 présente trois tables SOGE (périodes 11, 15 et 16) pour la fenêtre débutant à la période 10 (octobre 1999) et se terminant à la période 21 (septembre 2000).

Tableau 15 : Tables SOGE pour les périodes 11, 15 et 16 dans la fenêtre 10-21

Période 11	Produits		Or-fonction
	Al	Grain	
Entrée	0.8261	0.8184	0.8261
Sortie	0.8238	0.8743	0.8743
Or-produit	0.8415	0.8743	E = 1.0000 EP = 1.0000 EF = 1.0000

Période 15	Produits		Or-fonction
	Al	Grain	
entrée	0.7771	0.7771	0.7771
sortie	1.0000	0.9793	1.0000
Or-produit	1.0000	0.9793	E = 1.0000 EP = 1.0000 EF = 1.0000

Période 16	Produits		Or-fonction
	Al	Grain	
entrée	1.0000	1.0000	1.0000
sortie	1.0000	1.0000	1.0000
Or-produit	1.0000	1.0000	E = 1.0000 EP = 1.0000 EF = 1.0000

À partir de ces tables, il est possible d'identifier les DMU parfaitement efficaces, c'est-à-dire celles ayant obtenu un résultat parfait pour toutes les formes d'efficacités. Par exemple, pour la fenêtre 10-21, la DMU 16 (période 16) est parfaitement efficace. La période 11 et la période 15 sont efficaces lorsque l'on compare l'efficacité globale des activités mais présente une inefficacité par activité. Les réceptions d'alumine des périodes 11 et 15 sont inefficaces avec des résultats respectifs de 0,8261 et 0,7771 et la période 11 est plus efficace que la période 15. Lorsque comparés aux résultats de la période 16, il semble que les activités de réception d'alumine étaient plus performantes à la période 16 (=1).



Puisqu'il y a un total de 168 tables SOGE, il semble préférable, dans un premier temps, de discriminer parmi l'ensemble des DMU et de ne retenir que les DMU parfaitement efficaces, par exemple, la période 16.

Le tableau 16 présente les DMU parfaitement efficaces selon chaque fenêtre.

Tableau 16 : DMU parfaitement efficaces

Fenêtres	Périodes																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1/12	*			*																					
2/13		*		*		*																			
3/14				*		*																			
4/15				*		*																			
5/16					*	*										*									
6/17						*										*									
7/18									*							*		*							
8/19																*		*	*						
9/20																*		*	*						
10/21																*		*	*						
11/22																*		*	*						
12/23																*		*	*						
13/24																*		*	*						
14/25																*		*	*						

Les périodes 1, 4, 16, 18 et 19 sont efficaces en tout temps pour chaque fenêtre dont elles font partie. Elles pourraient alors être de bonnes candidates pour former un groupe de référence (benchmark). Cependant, les périodes 1 et 4 nécessitent d'être utilisées avec prudence puisqu'elles n'apparaissent que dans quelques fenêtres (1 seule pour la période 1 et 4 pour la période 4).

En poursuivant l'analyse, il serait intéressant de vérifier le nombre de fois où une DMU efficiente fait partie d'un groupe de référence d'une autre DMU jugée inefficente. Le tableau 17 présente ces résultats pour toutes les périodes ayant au moins une DMU parfaitement efficiente. Les résultats trouvés pour les DMU 1, 2, 4, 5, 6, 9, 16, 18 et 19 sont reportés (entre parenthèses) en valeurs moyennes selon le nombre de fenêtres dans lesquelles elles apparaissent. Par exemple, si l'on considère la période 18, qui se retrouve dans 8 fenêtres, et que l'on vérifie les entrées et sorties des produits de l'alumine, le résultat observé est de 31. Si l'on ajuste ce nombre en valeur moyenne ( $31/8$ ), le résultat observé et ajusté est de 3,87, c'est-à-dire que la DMU 18 se retrouve en moyenne 3,87 fois (par fenêtre de 12 périodes) dans le groupe de référence d'une autre DMU.

Tableau 17 : Nombre de fois ou une DMU est dans le groupe de référence<sup>1</sup> d'une autre DMU

Période 1		Produits		Or-process
Processus	entrée	Al	Grain	1 (1)
	sortie	3 (3)	6 (6)	5 (5)
	Or-produit	7 (7)	8 (8)	
		5 (5)	5 (5)	G = 3 (3) P = 4 (4) F = 4 (4)
Période 2		Produits		Or-process
Processus	in	Al	Grain	7 (3.5)
	out	10 (5)	2 (1)	8 (4)
	Or-produit	10 (5)	6 (3)	
		10 (5)	4 (2)	G = 12 (6) P = 11 (5.5) F = 7 (3.5)
Période 4		Produits		Or-process
Processus	entrée	Al	Grain	10 (2.5)
	sortie	-- (--)	13 (3.25)	16 (4)
	Or-produit	12 (3)	13 (3.25)	
		9 (2.25)	12 (3)	G = 12 (3) P = 11 (2.75) F = 9 (2.25)
Période 5		Produits		Or-process
Processus	entrée	Al	Grain	20 (4)
	sortie	24 (4.8)	4 (0.8)	20 (4)
	Or-produit	2 (0.4)	29 (5.8)	
		15 (3)	26 (5.2)	G = 34 (6.8) P = 27 (5.4) F = 32 (6.4)
Période 6		Produits		Or-process
Processus	entrée	Al	Grain	27 (4.5)
	sortie	23 (3.83)	40 (6.67)	17 (2.83)
	Or-produit	25 (4.17)	16 (2.67)	
		20 (3.33)	18 (3)	G = 32 (5.33) P = 21 (3.5) F = 23 (3.83)
Période 9		Produits		Or-process
Processus	entrée	Al	Grain	5 (0.56)
	sortie	-- (--)	7 (0.78)	9 (1)
	Or-produit	4 (0.44)	24 (2.67)	
		1 (0.11)	24 (2.67)	G = 6 (0.67) P = 8 (0.89) F = 9 (1)
Période 16		Produits		Or-process
Processus	entrée	Al	Grain	14 (1.4)
	sortie	13 (1.3)	15 (1.5)	12 (1.2)
	Or-produit	25 (2.5)	4 (0.4)	
		21 (2.1)	4 (0.4)	G = 6 (0.6) P = 7 (0.7) F = 6 (0.6)
Période 18		Produits		Or-process
Processus	entrée	Al	Grain	62 (7.25)
	sortie	61 (7.62)	64 (8)	40 (5)
	Or-produit	41 (5.12)	49 (6.12)	
		31 (3.87)	49 (6.12)	G = 59 (7.37) P = 45 (5.62) F = 43 (5.37)
Période 19		Produits		Or-process
Processus	entrée	Al	Grain	49 (7)
	sortie	46 (6.57)	55 (7.86)	44 (6.29)
	Or-produit	51 (7.29)	48 (6.86)	
		41 (5.86)	47 (6.71)	G = 51 (7.29) P = 44 (6.29) F = 34 (4.86)

<sup>1</sup> Les valeurs entre parenthèses sont des valeurs moyennes selon le nombre de fenêtres dans lesquelles apparaissent une DMU parfaitement efficiente

Le nombre de fois où une DMU parfaite apparaît dans le groupe de référence d'une autre DMU offre une piste intéressante pour reconnaître les DMU les plus influentes, mais ceci n'est sans doute pas suffisant. Il faut aussi vérifier dans quelle mesure une DMU efficiente peut contribuer à améliorer la performance des DMU inefficaces. En fait, plus l'écart est grand entre une DMU inefficace et une DMU efficiente avec laquelle elle se compare, plus importante sera la contribution de la DMU efficiente pour améliorer la performance. L'analyse des écarts et surtout les actions apportées pour corriger les plus grands écarts contribueront à élever la performance globale de façon plus significative que l'attention portée aux plus petits écarts. Les DMU les plus influentes pourront être de bons « benchmarks » et pourront être identifiées comme les périodes où l'on retrouve les meilleures pratiques.

À partir des problèmes duals et max-slack et du calcul des écarts (lambdas), il est possible de vérifier l'intensité de l'influence des DMU efficaces. Le tableau 18 présente les valeurs de lambdas. Ces valeurs sont ajustées selon le nombre de fenêtres auxquelles appartient une DMU.

Tableau 18 : Lambdas moyens selon le nombre de fenêtres dans lesquelles apparaît une DMU parfaitement efficiente

Période 1		Produits		Or-process		
Processus	entrée	Al	Grain	0.02		
	sortie	0.49	0.4	0.62		
	Or-produit	0.54	0.75			
		0.49	0.46		G = 0.66	
					P = 0.36	F = 0.41
Période 2		Produits		Or-process		
Processus	entrée	Al	Grain	0.34		
	sortie	0.58	0.54	0.45		
	Or-produit	0.48	0.69			
		0.60	0.56		G = 0.57	
					P = 0.53	F = 0.35
Période 4		Produits		Or-process		
Processus	entrée	Al	Grain	0.27		
	sortie	---	0.57	0.43		
	Or-produit	0.6	0.46			
		0.37	0.47		G = 0.42	
					P = 0.36	F = 0.34
Période 5		Produits		Or-process		
Processus	entrée	Al	Grain	0.46		
	sortie	0.57	0.58	0.31		
	Or-produit	0.54	0.34			
		0.52	0.24		G = 0.44	
					P = 0.43	F = 0.53
Période 6		Produits		Or-process		
Processus	entrée	Al	Grain	0.55		
	sortie	0.39	0.78	0.54		
	Or-produit	0.73	0.66			
		0.49	0.63		G = 0.61	
					P = 0.49	F = 0.29
Période 9		Produits		Or-process		
Processus	entrée	Al	Grain	0.27		
	sortie	---	0.65	0.17		
	Or-produit	0.25	0.45			
		0.29	0.44		G = 0.29	
					P = 0.2	F = 0.09
Période 16		Produits		Or-process		
Processus	entrée	Al	Grain	0.17		
	sortie	0.18	0.17	0.46		
	Or-produit	0.36	0.38			
		0.35	0.38		G = 0.45	
					P = 0.43	F = 0.44
Période 18		Produits		Or-process		
Processus	entrée	Al	Grain	0.61		
	sortie	0.65	0.58	0.41		
	Or-produit	0.44	0.47			
		0.48	0.47		G = 0.54	
					P = 0.57	F = 0.58
Période 19		Produits		Or-process		
Processus	entrée	Al	Grain	0.46		
	sortie	0.45	0.52	0.46		
	Or-produit	0.54	0.45			
		0.52	0.45		G = 0.47	
					P = 0.43	F = 0.45

La DMU de la période 19, qui montrait une forte popularité au départ (Tableau 17), s'avère ne pas être aussi importante qu'elle ne le laissait croire à première vue, si l'on considère sa capacité à augmenter la performance. Par exemple, en considérant les sorties des produits de l'alumine du tableau 17, la période 19 présente un résultat moyen de 7,29 apparitions comparativement à 4,17 pour la période 6. Cependant, selon le tableau 18, chaque fois que la DMU 6 est utilisée comme référence, elle participe en moyenne à 73 % pour le rétablissement vers la frontière efficiente comparativement à 54 % pour la DMU 19. Ainsi, la DMU 6 est plus influente que la DMU 19 puisqu'elle peut participer dans une plus grande proportion à l'amélioration de la performance globale.

## **4.2 ANALYSE ET INTERPRÉTATION**

Les trois tables SOGE du tableau 15 regroupant les résultats des périodes 11, 15 et 16 de la fenêtre 10-21, ont été choisies parce qu'elles permettent de soulever au moins trois points intéressants en regard des résultats obtenus selon les différents groupes d'extrants.

Premièrement, en observant seulement ce tableau (15), il serait possible de croire que tous les résultats d'efficience égaux à 1 présentent exactement la même forme d'efficience. Mais en vérité, l'efficience globale se définit selon les efficacités effectives des sous-groupes, c'est-à-dire l'efficience reliée aux autres sous-groupes d'extrants. Seulement, à l'aide du tableau 14 (Résultats d'efficience pour l'ensemble des réceptions et des expéditions, tous produits confondus) il est difficile de vérifier les influences des variables. Les résultats détaillés du tableau 15 offrent plus d'information,

à ce sujet, pour chaque sous-groupe d'extrants. Par exemple, il est évident que la période 15 est vraiment différente de la période 16 même si leur efficience globale est équivalente et parfaite. En comparant les résultats, la période 16 obtient des résultats parfaits pour tous les sous-groupes tandis que 3 sous-groupes sur 4 sont inefficients pour les extrants spécifiques de la période 15. De même, pour les résultats obtenus à partir des groupes d'extrants orientés par produit ou par fonction, deux sous-groupes sur quatre se révèlent inefficients.

Deuxièmement, les résultats détaillés des sous-groupes d'extrants spécifiques et orientés peuvent permettre d'identifier des sources d'inefficience qui n'auraient pas pu être identifiées seulement en regard des résultats globaux. Par exemple, la période 15 a obtenu un résultat parfait pour ce qui concerne la performance globale. Malgré cela, en ce qui concerne les activités d'approvisionnement ou d'entreposage, cette période n'est efficiente ni pour l'alumine, ni pour le grain et pas plus pour les deux produits combinés. La même observation s'applique pour le grain (entrée, sortie et les deux combinés). Les sous-groupes d'extrants tributaires de résultats inefficients méritent tout de même une attention particulière à ne pas négliger. Des améliorations y sont certainement possibles. De plus, en regardant les résultats plus en détail, nous pouvons constater qu'il n'y a aucun gain d'efficience lorsque l'on combine les produits d'alumine et de grain pour les activités d'approvisionnement; le résultat étant égal aux résultats spécifiques par produit (0,771).

Troisièmement, la période 11 dévoile une situation intéressante. Malgré des résultats d'efficience de 0,8261 et de 0,8238 provenant respectivement des sous-groupes d'extrants spécifiques des entrées et des sorties d'alumine, le résultat obtenu du sous-groupe orienté produit, combinant les entrées et les sorties d'alumine, est de 0,8415; ce qui est plus élevé que le meilleur résultat spécifique. En combinant les activités d'approvisionnement et de distribution, il semble se créer une sorte de synergie. Ici, l'interrelation entre les deux fonctions semble être un facteur contribuant à l'amélioration de la performance.

Un aspect intéressant concernant l'utilisation d'un cadre d'analyse spécifique est que plusieurs formes d'efficience (spécifiques, orientées et globales) peuvent être des variables de discrimination entre les DMU efficaces. L'utilisation d'une approche par décomposition offre un avantage à l'analyste. Il peut choisir de considérer des types d'efficience spécifiques, un sous-groupe de celles-ci ou encore l'ensemble des formes, en regard du type d'information qui servira le mieux le processus d'aide à la décision. Un objectif pourrait viser l'identification d'un groupe de référence pour qui l'on reconnaît l'application des meilleures pratiques. Pour atteindre cet objectif, il est possible d'utiliser les données du tableau 17 (le nombre de fois où une DMU se retrouve dans le groupe de référence d'une autre DMU) et les données du tableau 18 (intensité avec laquelle une DMU efficace contribue à l'amélioration de la performance) comme autres outils de discrimination. Plusieurs méthodes de discrimination sont applicables, et la connaissance d'autres facteurs d'influence peut être nécessaire. En voici un exemple.



Le mois d'avril 1999 est parfaitement efficient pour l'ensemble des fenêtres où il apparaissait, tout comme les mois d'avril, juin et juillet 2000. Pourtant, lorsque l'on analyse les résultats en détails, ce mois ne semble pas appartenir à la même classe d'efficiences que les trois autres mois. Les coûts y sont relativement élevés et les entrées et sorties sont relativement faibles. Normalement, ce mois aurait été déclassé par les trois autres, mais il n'a jamais appartenu à leur fenêtre. Ce mois d'avril 1999 semble s'être classé grâce à une seule variable, l'intrant des coûts des opérations, qui était plutôt faible. En vérifiant avec l'entreprise, il semble que pour ce mois en particulier, les dépenses en achat de pièce aient été réduites volontairement.

Une autre piste d'observation serait souhaitable concernant ce même mois d'avril 1999. Ce mois s'est effectivement classé efficient pour quatre périodes. Il faut alors se poser la question suivante : si l'étude avait débuté suffisamment tôt pour permettre au mois d'avril 1999 d'appartenir à 12 fenêtres, est-ce que ce mois se serait révélé parfaitement efficient? Il est possible de croire que oui à priori. Alors, cette période aurait été sélectionnée pour faire partie du groupe de référence, tout comme les autres mois parfaitement efficients; ce qui semble évidemment discutable. Sans doute une comparaison additionnelle serait souhaitable pour discriminer une fois de plus entre les « meilleures » périodes. Dès lors, il est préférable d'utiliser plus d'une méthode de discrimination pour vérifier la validité dans le temps.

Pour le cas des Élévateurs des Trois-Rivières, la DMU 18 (juin 2000) semble être la meilleure candidate pour servir de modèle de référence (suivie de près par la DMU 19). Elle est efficiente dans toutes les fenêtres auxquelles elle appartient, elle fait majoritairement partie des groupes de référence des DMU inefficientes et contribue, d'une façon dominante, à la projection sur la frontière efficiente pour la presque totalité des sous-groupes d'extrants.

Ici, il faudrait également être prudent quant à la détermination du groupe de référence selon les saisons. Les conditions climatiques, négligées dans cette étude, ont sans doute une influence sur les coûts et les temps des opérations. Un facteur de correction serait alors souhaitable pour tenir compte de cet état de fait.

Cette première analyse conduit vers un questionnement beaucoup plus étendu. Ainsi, plusieurs avenues de recherche restent à explorer et la définition de nouveaux objectifs en ce sens est tout à fait souhaitable pour permettre, à nouveau, de repousser certaines limites.

## **5 LIMITES ET CONTRIBUTIONS DE LA RECHERCHE**

### **5.1 APPORTS ET RETOMBÉES DE LA RECHERCHE**

Pour procéder à l'analyse de l'efficacité d'un processus logistique, le DEA peut être reconnu comme un outil valable si l'analyse est orientée selon un cadre de référence qui représente les principales caractéristiques de la logistique. L'élaboration d'un tel cadre de référence est souhaitable et l'approche par décomposition suggérée peut être une voie intéressante pour guider de futures analyses des processus logistiques à l'aide du DEA. Cette approche est simple à comprendre et relativement facile à introduire et à interpréter. Elle procure plusieurs avantages. Cette méthode permet d'évaluer la performance globale d'un groupe de DMU et d'évaluer l'efficacité des DMU relativement aux ressources utilisées tout au long du processus logistique et à leur allocation spécifique pour chaque sous-processus. De plus, il est possible d'effectuer une autre analyse, en marge de la première, pour évaluer la performance interne des ressources utilisées au sein des sous-groupes logistiques.

Par l'utilisation des tables SOGE, les efficacités globales, orientées et spécifiques peuvent être comparées afin de procurer une compréhension plus profonde du rôle et de l'influence des sous-groupes responsables de l'efficacité ou de l'inefficacité des différentes DMU. Les tables SOGE permettent d'identifier rapidement quelles combinaisons de ressources, ou de sous-groupes, ou les deux résultent en une synergie,

c'est-à-dire lorsque l'efficience d'un groupe de variables est plus élevée que celle de ses composantes individuelles.

## **5.2 LIMITES DE LA RECHERCHE**

Sur le plan méthodologique, l'étude de cas visant la vérification de l'application de nouveaux outils est une source d'information notable. Toutefois, elle comporte certaines limites qui sont elles-mêmes issues des objectifs poursuivis et, par conséquent, des choix méthodologiques favorisés.

Le principal objectif de l'étude était de vérifier l'application du DEA dans l'évaluation de la performance logistique d'une PME. La poursuite d'objectifs de vérification et d'observation ne requiert pas la même approche d'analyse qu'une étude visant la généralisation et constitue une première limite en ce sens. Pour enrichir les connaissances et la documentation sur de nouveaux sujets ou concepts, l'étude de cas est fréquemment favorisée. Or, cette dernière n'est statistiquement pas représentative, et les résultats obtenus ne peuvent être considérés incontestables et absolus. Le DEA est relativement nouveau et une incontournable période d'observation, surtout pour le domaine de la logistique, est encore à prévoir.

Une deuxième limite est liée aux choix des critères retenus. Visant d'abord des objectifs d'observation et de documentation, il n'était pas fondamental de s'assurer que les

critères d'évaluation de la performance retenus répondaient exactement aux besoins réels et immédiats de l'entreprise. Conséquemment, les résultats obtenus servent d'abord des besoins d'ordre pédagogique et dans une moindre mesure, des besoins spécifiques d'évaluation de la performance logistique.

La taille idéale de l'échantillon constitue une limite de façon paradoxale. D'abord, les données secondaires associées à 25 mois d'activités se révèlent être encore trop peu pour permettre une analyse en profondeur des préceptes du DEA. La taille de l'échantillon n'est alors pas statistiquement représentative. D'autre part, pour effectuer une évaluation par DEA, l'augmentation de la taille de l'échantillon, jumelée à la somme des extrants et des intrants, entraîne rapidement à la hausse le nombre de programmes à exécuter et le nombre de tableaux à interpréter. Pour cette étude, l'évaluation de 25 périodes, regroupées en 14 fenêtres et évaluées selon 11 sous-groupes d'extrants, demandait de résoudre 1848 problèmes de programmation linéaire. Pour des raisons évidentes de réduction, seulement quelques résultats ont été exposés et présentés.

Tel que mentionné précédemment, les limites sont issues des choix exercés afin de rencontrer les objectifs de cette recherche. En ce sens, les objectifs poursuivis ne sont pas faussement compromis par les limites présentées ici.

### **5.3 AVENUES DE RECHERCHE FUTURE**

Le cadre de recherche spécifique proposé pour cette recherche, pourrait grandement bénéficier d'une plus profonde investigation. Ainsi, deux avenues futures de recherche sont proposées.

Premièrement, l'approche utilisée pour cette étude ne tenait compte que de l'évaluation de l'efficacité technique. En marge de celle-ci, d'autres sources d'inefficacités méritent une attention particulière. Par exemple, des données primaires visant l'identification du style de gestion des dirigeants seraient sans doute une source d'investigation intéressante.

Deuxièmement, la détermination de standards serait un pré-requis important pour permettre une identification appropriée du cadre spécifique issu du processus logistique, et plus spécialement pour l'analyse par fenêtres. Ici, il serait naturel de définir des objectifs pour établir le rapport à atteindre entre le nombre d'intrants utilisés et le nombre d'extrants à produire par mois et selon certains standards. Ces derniers, idéalement, devront être établis en considérant la position de la DMU (du mois) dans un cycle annuel. Par exemple, transformer une unité d'un intrant en un nombre « y » d'un extrant peut être vraisemblablement plus difficile en février, comparativement à juin, si l'on considère les conditions climatiques. Or, l'ajustement des objectifs à atteindre se révèle important pour assurer une gestion équitable.

Le DEA utilisé pour l'évaluation des processus logistiques mérite, sans contredit, une attention particulière. Une poursuite des recherches en ce sens est fort souhaitable et sans doute, plusieurs études restent à venir.

## 6 CONCLUSION

L'écosystème dans lequel évolue les PME est en perpétuelle évolution. La logistique doit se renouveler constamment pour atteindre ses objectifs. L'évaluation de la performance logistique, contributrice importante de la performance globale d'une entreprise, doit alors tenir compte de la nature de plus en plus complexe des processus logistiques. Dans ce contexte, le DEA est un outil d'évaluation intéressant offrant un fort potentiel pour venir en aide aux entreprises et à leurs dirigeants qui seront alors en mesure de faire leur propre diagnostic et ainsi prendre des décisions éclairées.

La réalisation de cette recherche avait pour but de dégager les préceptes du DEA par son application afin d'effectuer l'évaluation de la performance d'un processus logistique dans un contexte de PME. Dans un premier temps, il fallait définir le concept de performance logistique. Inévitablement, cette définition sollicitait une clarification autour d'autres concepts tels la logistique intégrée, la logistique coopérée et finalement la chaîne logistique. Après une discussion sur le DEA, ses généralités, ses applications et après avoir exposé une revue de la littérature sur l'application du DEA dans le contexte de la logistique, les bases étaient posées pour expérimenter une nouvelle application du DEA.

L'entreprise Les Élévateurs des Trois-Rivières évolue dans un milieu qui n'échappe pas à l'actuelle vague de changements mondiaux. Conséquemment, les activités



d'approvisionnement, d'entreposage et de distribution se sont vues modifiées considérablement, ce qui a entraîné plusieurs changements notamment en ce qui concerne l'allocation adéquate des ressources. Ici, l'évaluation de la performance logistique par DEA s'est révélée un cas intéressant. Étant donné les nombreuses composantes du processus logistique, un cadre spécifique d'analyse, permettant l'évaluation par décomposition des processus logistiques, a été proposé et s'est dévoilé utile pour permettre une évaluation à la fois partielle et globale de la performance logistique. L'étude comparait 25 mois d'activités regroupés en 14 fenêtres. Ainsi, quelques mois se sont classés efficaces en tout temps, dans chacune des fenêtres où ils apparaissaient. À l'aide du DEA, les mois les plus influents, en nombre ou en intensité, ont été identifiés. Le mois de juin 2000 a surclassé ses pairs et s'est dévoilé être le mois de référence par excellence, celui ayant obtenu le meilleur rapport entre les dépenses d'opérations et les quantités transitées par l'entreprise.

Cette recherche constitue le premier exercice d'évaluation de la performance logistique longitudinale d'une PME québécoise par l'intermédiaire du DEA. Il pourrait être intéressant de poursuivre les recherches à propos du cadre spécifique d'analyse. De plus, la poursuite d'objectifs d'évaluation clairement identifiés serait souhaitable afin de bien déterminer les facteurs critiques de succès. *« Après tout, c'est l'objectif de la stratégie et de ses politiques de s'assurer que les facteurs critiques de succès d'une entreprise sont appropriés, protégés et nourris. »* (Dickinson et Ferguson, Sircar et Sumit, 1984, p. 57).

## 7 RÉFÉRENCES

Akbari Jokar, M.R. (1998), « Typologie des modèles de flux physiques en logistique », *Mémoire de DEA de génie industriel*, INPG, Lab, Gilco, France.

Akbari Jokar, M.R., Y. Frein, et L. Dupont, (2000), « Sur l'évolution du concept de logistique », Laboratoire Gilco, École Nationale Supérieure de Génie industriel, Institut National Polytechnique de Grenoble, Grenoble, France.

Anderson, T., (2004), « DEA overview », *Center for Management of Technology and Entrepreneurship*, Récupéré le 7 juillet de <http://www.cmte.utoronto.ca/links/dealinks.shtml>.

Avkiran, N.K., (1999), « An Application Reference for Data Envelopment Analysis in Branch Banking: helping the novice researcher », *International Journal of Bank Marketing*, vol. 17, no. 5, pp. 206-220.

Ballou, R. H., et O. H. Helfrich, (1983), « Messuring physical distribution performance », *National Council of Physical Distribution Management*, pp. 836-851.

Banker R. D., et R. Morey (1986a). « The Use of Categorical Variables in Data Envelopment Analysis », *Management Science*, vol. 32, no. 12, pp. 1613-1627.

Banker R. D., et R. Morey (1986b). « Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Outputs », *Operations Research*, vol. 34, no. 4, pp. 513-521.

Bowersox, D.J., P.J. Daugherty, C.L. Dröge, R.N. Germain et D.S. Rogers, (1992), *Logistical Excellence: It's not Business as Usual*, Digital Press, Burlington, 246 p.

Brewer, C. P., et W. T. Speh, (2000), « Using the balanced scorecard to measure suply chain performance », *Journal of business logistics*, vol. 21, no. 1, pp. 75-93.

Charnes, A., W. W. Cooper, et E. Rhodes, (1978), « Measuring the efficiency of decision making units », *European Journal of Operational Research*, vol. 2, pp. 429-444.

Charnes A., W. W. Cooper, L. M. Seiford et J. Stutz, (1982). « A Multiplicative Model for Efficiency Analysis », *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 16, no. 5, pp. 223-224.

Charnes A., W. W. Cooper, L. M. Seiford et J. Stutz, (1983). « Invariant Multiplicative Efficiency and Piecewise Cobb-Douglas Envelopments », *Operations Research Letters*, vol. 2, no. 3, pp. 101-103.

Charnes A., W. W. Cooper, A. Y. Lewin, R. C. Morey et J. J. Rousseau (1985). « Sensitivity and Stability in DEA », *Annals of Operations Research*, vol. 2, pp. 139-156.

Charnes A., W. W. Cooper, A. Y. Lewin and L. M. Seiford (2000). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publishers, 5<sup>th</sup> edition, Norwell, Mass.

Chow, G., D.H.Heaver , et L.E. Henrikson, (1994), « Logistiques Performance : Definition and measurement », *International Journal of Physical Distribution & Logistics management*, vol.24, no. 1.

Chow, G., D.H.Heaver, et L.E. Henrikson (1995), «Strategy, Structure and Performance: A Framework for Logistics Research » *The Logisitcs and Transportation Review*, vol.31, no. 4.

Clarke R. L., et K. N. Gourdin, (1991), « Measuring the Efficiency of the Logistics Process », *Journal of Business Logistics*, vol. 12, no. 2, pp. 17-33.

Cooper, W. , L. M. Seiford, et K. Tone, (2000) *Data envelopment Analysis, A comprehensive text with models, Applications, References and DEA solver Software*, USA, Kluwer Academic Publisher, 2e impression. 318 p.

Copacino, W., et D. Rosenfield, (1985), «Analytic Tools for Strategic Planning», *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, vol. 15, no. 3.

Council of Logistics Management, (1999), «Survey of Career Patterns», CLM Career Patterns, pp. 1-7.

Davidson, S., (2001), « Setting Financial Benchmarks as an Investment Evaluation Tool », *Community Banker, Money & credit*, p. 34.

Dickinson, Roger A., Ferguson, Charles R. Sircar, Sumit, (1984), « Critical Success Factors and Small Business », *American Journal of Small Business*, Baltimore, vol. 8, no. 3, pp. 49-59.

Dickson, G. W., (1966), « An analysis of vendor selection systems and decisions», *Journal of Purchasing*, vol. 2, no. 1, pp. 5-17.

Emory, C.W., et D. R. Cooper, (1991), *Business Research Methods*, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data., 4e édition.

Fabbe-Costes, N. (1994), « Le processus logistique : support « fécond » d'une démarche de re-engineering et lieu d'apprentissage organisationnel » 4<sup>e</sup> Rencontre MCX, Aix-en-Provence.

Forker, L. B., et D. Mendez, (2001), « An analytical method for benchmarking best peer suppliers », *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 21, no. 1, pp. 195-209.

Ghiglione R., et B. Matalon, (1985), « Les enquêtes sociologiques », Paris, Armand Colin, 4<sup>e</sup> édition.

Gleason, J-M., et D. T. Barnum, (1986), « Toward valid measures of public sector productivity: Performance measures in urban transit », *Management Science*, Vol. 28, no. 4, pp. 379- 386.

Gourgand, M., et P. Lièvre, (1996), « La logistique; recherches et mise en œuvre », Paris, Hermès, Actes du colloque ARFILOG, 213p.

Gregory, R. E., (1986), « Source selection: a matrix approach », *Journal of Physical Distribution and Materials Management*, été 1986, pp. 24-32.

Guilhon, A. et A. Halley, (1997), « Logistics behavior of small enterprises: performance, strategy and definition », *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 27, no. 8, pp. 475-495.

Kaplan Robert S. et David P. Norton, (1996), « Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System », *Harvard Business Review*, vol. 74, no.1, pp. 78-92.

Kleinsorge, I.K., P. B. Schary, et R. D. Tanner, (1989), « Evaluating Logistics Decisions », *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, vol. 19, no.12, pp. 3-14.

Kleinsorge, I.K., P. B. Schary, et R. D. Tanner, (1991), « The Shipper-Carrier Partnership: A New Tool For Performance Evaluation. », *Journal of Business Logistics*, vol. 12, no. 2, pp. 35-57.

Kleinsorge, I.K., P. B. Schary, et R. D. Tanner, (1992), « Data envelopment Analysis for Monitoring Customer-Supplier Relationships », *Journal of Accounting and Public Policy*, vol. 11, no.4, pp. 357-372.

Lee, H. L. et C. Billington, (1995), « The evaluation of supply chain management models and practice at Hewlet – Packard », *Interfaces*, no. 25, pp. 42-63.

Lee, B., et M. N. Menon, (2000), « Information technology value through different normative lenses », *Journal of management informations systems*, vol. 16, no. 4, pp. 99-119.

Liu, F., F. Y. Ding, et V. Lall, (2000), « Using data envelopment analysis to compare suppliers for supplier selection and performance improvement », *Supply Chain Management: An international Journal*, vol. 5, no. 3, pp. 143-150

Mathe, H. et D. Tixier, (1987), « *La logistique* », Paris, Presses universitaires de France, 127 p.

Miller, D. et J-M. Toulouse, (1986), «Strategy, Structure, CEO Personality and performance in small firms», *American Journal of Small Business*, University of Baltimore, Winter 1986, pp 47-62,

Moller, C. (1995), « *Toward design effective logistics systems* », thèse, Aalborg University Denmark.

Murphy, D.J., Pearson, J.N., Seiford, S.P., (1996), « Evaluating Performance of the Purchasing Department Using Data Envelopment Analysis », *Journal of Business Logistics*, vol. 17, no. 2, 15 p.

Petroni, A., et M. Bevilacqua, (2002), « Identifying manufacturing flexibility best practices in small and medium enterprises », *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 22, no. 8, pp. 929-947.

Peyraut, Y., (1990), *Gestion rationnelle de la logistique*, Paris, ESF édition, Paris, 187 p.

Pons, J., et P. Chevalier, (1993), *La logistique intégrée*, Paris, Ed. Hermès, 282 p.

Roll, Cook, (1993), « Partial efficiencies in Data Envelopment Analysis », *Socio-economic planning sciences*, vol. 27, no. 3, pp 171-179.

Sabri, E. H., et B. M. Beamon, (2000), « A multi-objective approach to simultaneous strategic and operational planning in supply chain design », *Omega*, vol. 28, no. 5, pp. 581-598.

Seiford, M.L., (1996), « Data Envelopment Analysis : The Evolution of the State-of-the-Art (1978—1995) », *Journal of Productivity Analysis*, vol. 7, no. 2, pp. 99-138.

Thebault M. et D. Tilmont, (2000), « *L'optimisation des processus logistiques par les systèmes de classifieurs* », Groupe de recherche et d'Étude sur la gestion et l'entreprise dans l'Océan Indien, Institut d'Administration des Entreprises, Université de La Réunion.

Tixier, D., H. Mathe et J. Collin (1998), « *La logistique d'entreprise : vers un management plus compétitif* », Paris, Éditions Dunod, 285 p.

Tone, K., (1999), «*Slacks-based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis*», Rapport de recherche, Saitama University, Japon.

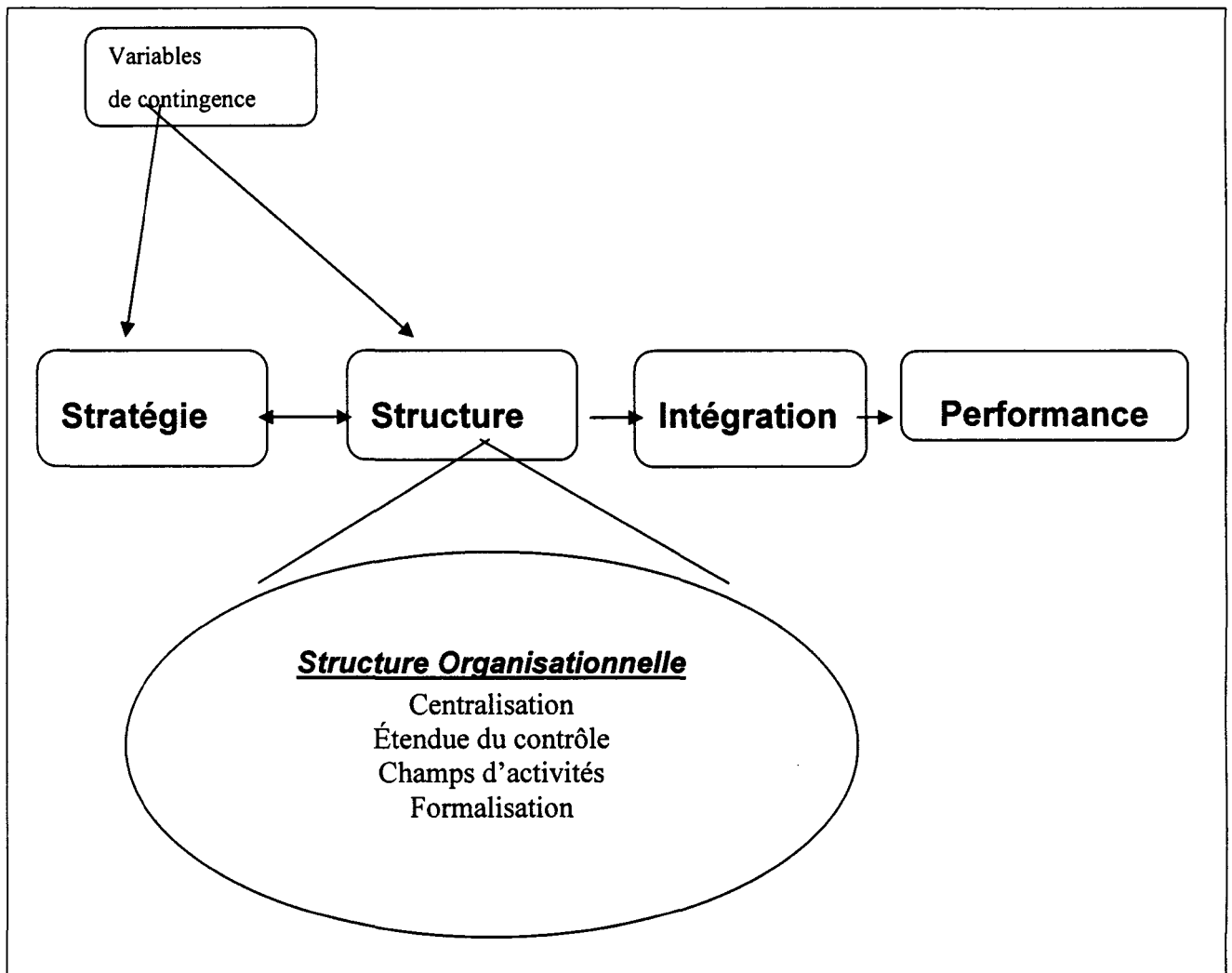
Van der Meulen, P. R. H., et G. Spijkerman, (1985), « The Logistics Input-Output Model an its Application », *International Journal of Physical Distribution*, vol. 15, no. 3, pp. 17-25.

Weber, Charles A., (1996), « A data envelopment analysis approach to measuring vendor performance », *Supply Chain Management*, vol. 1, no. 1, pp. 28-39.

## **ANNEXES**

## ANNEXE A

### STRATÉGIE, STRUCTURE ET PERFORMANCE : UN CADRE CONCEPTUEL POUR LES RECHERCHES EN GESTION

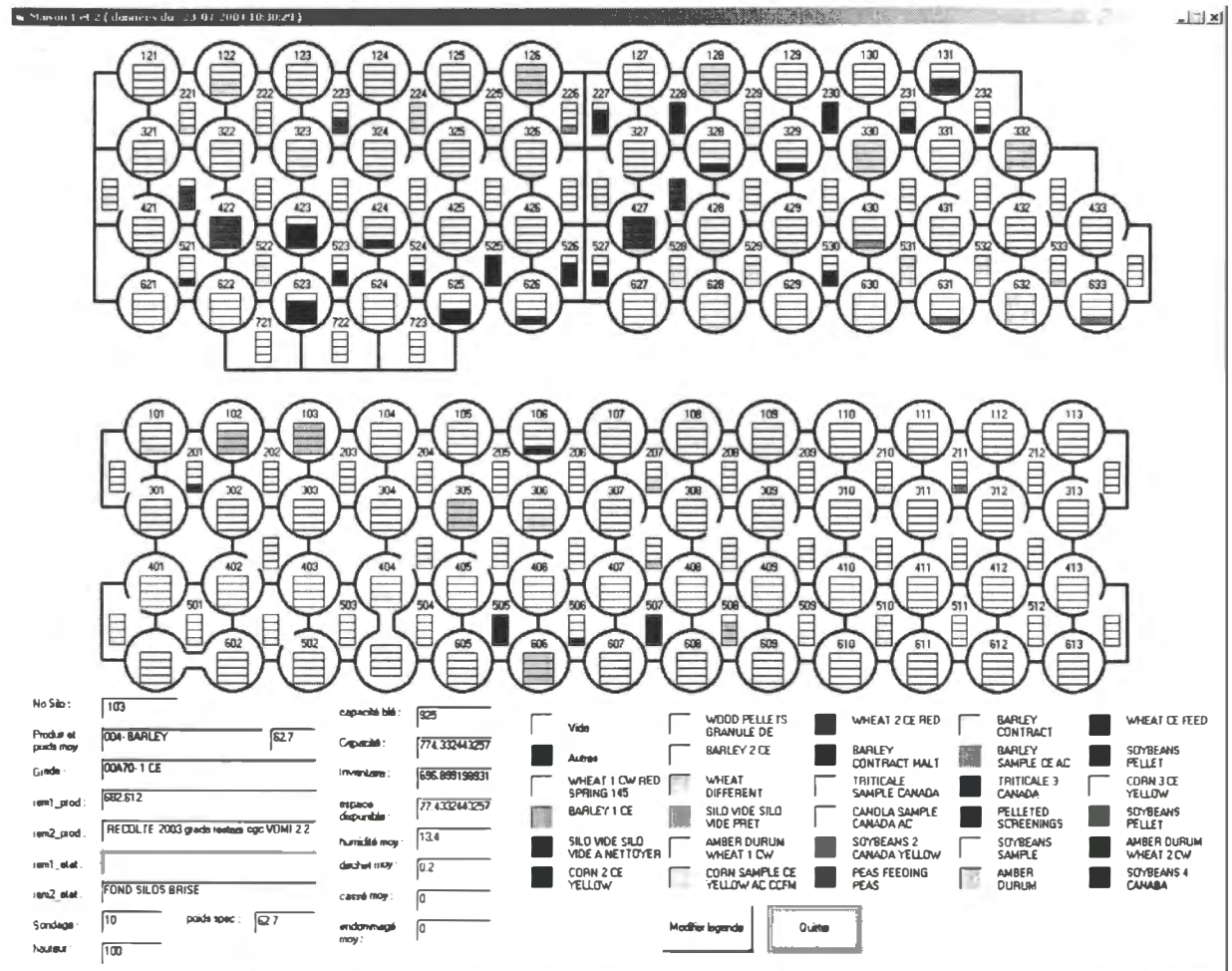


*Tiré de Chow, G.; D.H.Heaver; L.E.Henrikson (1995)*



## ANNEXE B

### AIRES D'ENTREPOSAGE • MAISONS #1 & #2



## ANNEXE C

### CHEMINEMENT DU GRAIN : MAISONS #1 & #2

